

# **Kindliche Konzepte zur Größe Gewicht und ihre Entwicklung**

Theoretische Modellierung und zwei Einzelfallstudien mit Drittklässlern

Dissertation

**zur Erlangung des akademischen Grads**

**Dr. phil.**

**im Fach Grundschulpädagogik**

eingereicht am 25.01.2011

an der Philosophischen Fakultät IV der Humboldt-Universität zu Berlin

Datum der Verteidigung: 23.05.2011

von

Dinah Reuter

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Jan-Hendrik Olbertz

Dekan der Philosophischen Fakultät IV

Prof. Dr. Ernst von Kardorff

Gutachter/ Gutachterinnen

1. Prof. Dr. Marianne Grassmann

2. Prof. Dr. Gerald Wittmann (PH Freiburg)



## Danksagung

Zur Entstehung dieser Arbeit haben verschiedene Personen beigetragen, die mich begleitet und unterstützt haben. Bei ihnen allen möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken.

Insbesondere danke ich Frau Prof. Dr. Marianne Grassmann, die mich zu diesem Promotionsvorhaben angeregt und mich dabei unterstützt und begleitet hat. Ich danke ihr für ihr Vertrauen, für ihre konstruktive Kritik und ihre Bereitschaft, Fragen und Probleme mit mir zu diskutieren.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Gerald Wittmann für seine Unterstützung beim Abschluss dieser Arbeit.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Jörg Voigt, der mich in meinen Bemühungen um ein Stipendium unterstützt hat.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Marcus Nührenböcker, der mir zu meiner Studie Anregungen für meine Interviewkonzeption gegeben hat.

Ich danke der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, die mich im Rahmen der Promotionsförderung mit einem Stipendium unterstützt hat.

Ich danke den an der Untersuchung beteiligten Schülern und Lehrern.

Ich danke allen, die während der Interviews die Kamera geführt haben.

Ich danke allen, die durch ihr Korrekturlesen zur Verständlichkeit dieser Arbeit beigetragen haben.

Ich danke allen, die sich immer wieder um meine Kinder gekümmert haben und mir damit das Arbeiten an der Dissertation ermöglicht haben.

Ich danke meinen Eltern für alle Unterstützung während der Promotionszeit.

Ich danke meinem Mann, der mich immer wieder unterstützt und ermutigt hat, der ein guter Diskussionspartner war und mir viele konstruktive Hinweise gegeben hat.

Ich danke meinen Kindern, die insbesondere in den Monaten der Fertigstellung viel auf mich verzichten mussten, für ihre Geduld.





# Inhaltsverzeichnis (kurz)

<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>A Theoretische Grundlagen.....</b>	<b>5</b>
1 Lernen.....	5
2 Mathematisch-physikalische Darstellung der Größe Gewicht.....	20
3 Größen im Unterricht.....	25
4 Untersuchungen zum Denken von Kindern zur Größe Gewicht.....	34
<b>B Vorstellung der empirischen Untersuchung.....</b>	<b>61</b>
1 Ziel und Fragestellung der Untersuchung.....	61
2 Konzept für die Größe Gewicht.....	62
3 Methodologischer und methodischer Rahmen.....	67
4 Der Unterricht zur Einführung der Größe Gewicht in der teilnehmenden Klasse...89	
<b>C Ergebnisse der Untersuchung: Kindliche Konzepte zur Größe Gewicht und ihre Entwicklung.....</b>	<b>91</b>
1 Vorbemerkungen.....	91
2 Anjas Gewichtskonzept.....	93
3 Manuels Gewichtskonzept.....	170
4 Konzepte anderer Kinder.....	255
<b>D Gesamtzusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.....</b>	<b>277</b>
1 Vorbemerkungen.....	277
2 Zusammenfassende Darstellung kindlicher Konzepte.....	278
3 Konzeptwechsel und Subjektive Erfahrungsbereiche.....	287
4 Entwicklungsmodelle: Gewichtvergleich, Invarianz und Gewichtskonzept.....	290
5 Kritik an der Untersuchung.....	296
6 Offene Forschungsfragen.....	297
7 Schlussfolgerungen.....	298
<b>Literatur.....</b>	<b>301</b>
<b>Anhang A.....</b>	<b>315</b>
1 Transkriptionsregeln.....	315
2 Schriftlicher Test Anja.....	316
3 Schriftlicher Test Manuel.....	321
4 Interviewverlaufsplan mit Auswertungskategorien („Episodenplan“)......	326
<b>Anhang B.....</b>	<b>331</b>
Zusammenfassung der Dissertation.....	332
Zusammenfassung (englisch).....	333
Erklärung.....	334

# Inhaltsverzeichnis (ausführlich)

<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>A Theoretische Grundlagen.....</b>	<b>5</b>
1 Lernen.....	5
1.1 Lernen aus konstruktivistischer Sicht.....	8
1.1.1 Neurowissenschaftliche Bestätigung konstruktivistischer Lerntheorien..	10
1.2 Theorie des Konzeptwechsels.....	11
1.3 Modell der Subjektiven Erfahrungsbereiche.....	15
1.4 Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Theorien von Konzeptwechsel und SEB .....	17
1.5 Unterricht aus konstruktivistischer Sicht.....	18
2 Mathematisch-physikalische Darstellung der Größe Gewicht.....	20
3 Größen im Unterricht.....	25
3.1 Die Klassische Stufenfolge am Beispiel der Größe Gewicht.....	28
3.1.1 Elemente der Klassischen Stufenfolge in Schulbüchern.....	31
3.2 Kritik am Modell der Klassischen Stufenfolge.....	32
4 Untersuchungen zum Denken von Kindern zur Größe Gewicht.....	34
4.1 Piaget.....	34
4.1.1 Untersuchungen zur Invarianz des Gewichts.....	35
4.1.2 Untersuchungen zum Verhältnis von Dichte und Gewicht.....	39
4.1.3 Untersuchungen zu (additiven) Kompositionen der Gewichtsungleichheiten sowie der Gewichtsäquivalenzen.....	40
4.1.4 Kritik an Piagets Untersuchungen.....	42
4.2 Smith, Carey und Wiser.....	43
4.2.1 Konzept(e) für Größe und Gewicht.....	45
4.2.2 Konzept(e) für Gewicht und Dichte.....	46
4.2.3 Zusammenhang von Größe und Gewicht.....	47
4.2.4 Unterscheidung zwischen Objekt und Material.....	48
4.2.5 Zusammenfassung.....	49
4.3 Schmidt/ Weiser.....	50
4.4 Petersen.....	52
4.5 Kesting.....	54
4.6 Lobemeier.....	55
4.7 Emmrich.....	56
4.8 Zusammenfassung der einzelnen Untersuchungen mit Ausblick auf die von mir durchgeführte Studie.....	59
<b>B Vorstellung der empirischen Untersuchung.....</b>	<b>61</b>
1 Ziel und Fragestellung der Untersuchung.....	61
2 Konzept für die Größe Gewicht.....	62
3 Methodologischer und methodischer Rahmen.....	67
3.1 Qualitative Forschung.....	67
3.1.1 Das Leitfadeninterview.....	69
3.1.2 Auswertung bei Leitfadeninterviews.....	69
3.2 Das Untersuchungsdesign.....	71
3.3 Der schriftliche Test.....	72
3.4 Auswahl der Kinder.....	80

3.5 Die Interviewaufgaben.....	81
3.5.1 Interviewteil 1: Gewichtsvergleich.....	82
3.5.2 Interviewteil 2: Schätzen, Gewichtsbestimmung, Gewichte im Alltagskontext, Gewichtsvergleich: gleich schwer.....	86
4 Der Unterricht zur Einführung der Größe Gewicht in der teilnehmenden Klasse...	89
<b>C Ergebnisse der Untersuchung: Kindliche Konzepte zur Größe Gewicht und ihre Entwicklung.....</b>	<b>91</b>
1 Vorbemerkungen.....	91
2 Anjas Gewichtskonzept.....	93
2.1 Konzepte zum Zeitpunkt des ersten Interviews.....	93
2.1.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“.....	93
2.1.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“.....	102
2.1.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“.....	107
2.1.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“.....	117
2.2 Entwicklung der Konzepte.....	123
2.2.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“.....	124
2.2.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“.....	140
2.2.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“.....	143
2.2.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“.....	156
2.3 Zusammenfassende Konzeptbeschreibung.....	165
2.3.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“.....	165
2.3.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“.....	166
2.3.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“.....	167
2.3.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“.....	168
3 Manuels Gewichtskonzept.....	170
3.1 Konzepte zum Zeitpunkt des ersten Interviews.....	170
3.1.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“.....	170
3.1.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“.....	182
3.1.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“.....	187
3.1.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“.....	193
3.2 Entwicklung der Konzepte.....	196
3.2.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“.....	196
3.2.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“.....	213
3.2.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“.....	221
3.2.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“.....	239
3.3 Zusammenfassende Konzeptbeschreibung.....	247
3.3.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“.....	247
3.3.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“.....	250
3.3.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“.....	251
3.3.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“.....	252
4 Konzepte anderer Kinder.....	255
4.1 Konzept: Gewichtsvergleich.....	255
4.2 Konzept: Invarianz.....	262
4.3 Konzept: Einheiten.....	267
4.4 Konzept: Waagen.....	270
4.5 Konzept: Wiegen.....	273
<b>D Gesamtzusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.....</b>	<b>277</b>
1 Vorbemerkungen.....	277

2 Zusammenfassende Darstellung kindlicher Konzepte.....	278
2.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“.....	278
2.1.1 Konzept: Gewichtsvergleich.....	278
2.1.2 Konzept: Invarianz.....	280
2.1.3 Konzept: Transitivität.....	281
2.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“.....	282
2.2.1 Konzept: Einheiten.....	282
2.2.2 Konzept: Umgang mit Maßangaben.....	283
2.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“.....	283
2.3.1 Konzept: Wiegen als Vergleichsvorgang.....	283
2.3.2 Konzept: Waagen.....	284
2.3.3 Konzept: Wiegen.....	284
2.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“.....	286
2.4.1 Konzept: Stützpunktwissen.....	286
2.4.2 Konzept: Schätzen.....	286
2.4.3 Konzept: Stützpunktvorstellungen.....	287
3 Konzeptwechsel und Subjektive Erfahrungsbereiche.....	287
3.1 Konzeptwechsel.....	287
3.2 Subjektive Erfahrungsbereiche.....	289
4 Entwicklungsmodelle: Gewichtsvergleich, Invarianz und Gewichtskonzept.....	290
4.1 Modell für die Entwicklung des Konzepts Gewichtsvergleich.....	291
4.2 Modell für die Entwicklung des Konzepts Invarianz.....	292
4.3 Modell für ein Gewichtskonzept.....	293
5 Kritik an der Untersuchung.....	296
6 Offene Forschungsfragen.....	297
7 Schlussfolgerungen.....	298
<b>Literatur.....</b>	<b>301</b>
<b>Anhang A.....</b>	<b>315</b>
1 Transkriptionsregeln.....	315
2 Schriftlicher Test Anja.....	316
3 Schriftlicher Test Manuel.....	321
4 Interviewverlaufsplan mit Auswertungskategorien („Episodenplan“.....)	326
<b>Anhang B.....</b>	<b>331</b>
Zusammenfassung der Dissertation.....	332
Zusammenfassung (englisch).....	333
Erklärung.....	334

## Einleitung

Gespräch zwischen einem Vater (V) und seiner Tochter (T):

V: *Wenn ich einen Luftballon aufblase, wird der dann schwerer?*

T: *Ja.*

V: *Warum denn?*

T: *Weil er gefüllt ist.*

V: *Das heißt, Luft wiegt auch was?*

T: *Ach nee. Ich glaub, der ist leichter, weil, wenn ich den hochkicke, fällt der nicht so schnell wie ein nicht aufgeblasener.*

Kinder versuchen, sich die Welt zu erklären. Weil sie dabei über weniger (und vielleicht andere) Erfahrungen verfügen als Erwachsene, haben sie oft eigene Vorstellungen, die Erwachsenen manchmal befremdlich vorkommen können. Dabei haben Kinder in aller Regel gute Gründe dafür, wie sie die Welt sehen. Die Frage ist: Wie sehen sie die Welt? Wie begründen sie ihre Vorstellungen?

Diese Fragen stellen sich Pädagogen schon seit langem. So formulierte DIESTERWEG: „Ohne die Kenntnis des Standpunktes des Schülers ist keine ordentliche Belehrung desselben möglich. Man weiß ja sonst nicht, was vorauszusetzen, wo anzuknüpfen ist“ (DIESTERWEG 1935, 95). Das reformpädagogische Denken, das bei DIESTERWEG zum Ausdruck kommt, findet sich bereits bei COMENIUS, der zu Beginn des 17. Jahrhunderts einer der ersten war, der eine Pädagogik entwickelte, die vom Kind ausging. Dieser Gedanke ist seitdem die Grundlage des reformpädagogischen Denkens, in dem davon ausgegangen wird, dass ein erfolgreicher schulischer Unterricht an die Vorkenntnisse der Schüler<sup>1</sup> anknüpfen muss. Es dauerte allerdings zweieinhalb Jahrhunderte, bis Ende des 19. Jahrhunderts eine intensive Auseinandersetzung damit begann, wie genau die „Vorkenntnisse“ im jeweiligen Fachkontext aussehen.

In der Mathematikdidaktik liegen mittlerweile viele Untersuchungsergebnisse zu den Vorkenntnissen von Schülern, insbesondere von Schulanfängern, vor. Die allermeisten dieser Untersuchungen betreffen arithmetische Fragestellungen. Eine Auseinandersetzung mit den Größenbereichen spielt dagegen bislang eine untergeordnete Rolle. Insbe-

---

<sup>1</sup> Zur Verbesserung der Lesbarkeit habe ich auf die explizite Unterscheidung der geschlechtsspezifischen Formen verzichtet und die männliche Form gewählt. Selbstverständlich ist dort, sofern nicht anders vermerkt, die weibliche mit gemeint.

sondere fehlen Forschungsergebnisse, die Aussagen darüber machen, wie sich Wissen, Vorstellungen und Fertigkeiten zum Größenbereich Gewicht beschreiben lassen.

Die vorliegende Arbeit setzt sich deswegen mit den kognitiven Strukturen und dem Wissenserwerb von Grundschulern in Hinblick auf die Größe Gewicht auseinander. Dabei werden zum einen das Wissen, die Vorstellungen und die Fertigkeiten von Drittklässlern betrachtet, bei denen die Größe Gewicht noch nicht Gegenstand des Unterrichts war. Zum anderen wird der Lernentwicklung der kognitiven Strukturen nachgegangen, die sich aufgrund einer unterrichtlichen Behandlung des Größenbereichs Gewichte vollzieht. Da bisher keine Forschungsergebnisse zu kindlichen Konzepten zur Größe Gewichte vorliegen, die weitergehend überprüft werden können, handelt es sich um eine hypothesengenerierende Arbeit, die es zum Ziel hat eine umfassende detaillierte und differenzierte Beschreibung kindlicher Konzepte vorzustellen.

### **Begrifflichkeiten: Gewicht, Größe und wiegen**

In dieser Arbeit wird entsprechend der im allgemeinen Sprachgebrauch üblichen Verwendung der Begriff **Gewicht** verwendet, wenn eigentlich die Masse gemeint ist. Für eine Begründung dieser Entscheidung und eine ausführliche Erläuterung der Begrifflichkeiten *Gewicht*, *Gewichtskraft* und *Masse* vgl. Kap. A 2.

Der Terminus **Größe** hat unterschiedliche Bedeutungen. Zum einen gibt es den Begriff der *physikalischen Größe*, der eine quantitativ bestimmbare Eigenschaft eines Objekts beschreibt. Hierzu gehören u.a. Längen, Zeit, Hohlmaße, Massen. In diesem Sinne spricht man von der *Größe Gewicht* (oder dem *Größenbereich Gewichte*). Zum anderen wird der Begriff Größe umgangssprachlich verwendet, wenn man z.B. von der Größe eines Gegenstandes spricht, wobei hiermit seine visuell wahrnehmbare räumliche Ausdehnung gemeint ist, teils in alle Dimensionen, teils nur in die Vertikale. In der vorliegenden Arbeit wird der Terminus Größe in beiden Bedeutungen verwendet, wobei aus dem Kontext erkennbar ist, um welche Bedeutung es sich jeweils handelt.

Der Begriff **wiegen** wird in den beiden Bedeutungen „das Gewicht ... haben“ (ein Apfel wiegt 155g) sowie „das Gewicht von ... bestimmen“ (das Kind wiegt den Apfel) verwendet. Das Deutsche hat für die zweite Bedeutung auch den Terminus „wägen“ (das Kind wägt den Apfel), der allerdings veraltet ist und außer in Fachterminologie kaum noch Verwendung findet. Weil sich auch die grammatische Struktur der beiden Bedeutungen unterscheidet (wiegen im Sinne von „Gewicht bestimmen“ braucht ein Akkusativobjekt, wiegen im Sinne von „Gewicht haben“ nicht), ist aus dem Kontext stets eindeutig ersichtlich, welche Bedeutung gemeint ist. In abgeleiteten Formen ist der Stamm „wägen“ dagegen weiterhin gebräuchlich (Wägung, Wägeergebnis).

## Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit besteht aus vier Teilen. Im ersten Teil (A) werden die theoretischen Grundlagen vorgestellt, auf denen die Arbeit aufbaut. Im zweiten Teil (B) wird die Planung und Durchführung einer empirischen Untersuchung vorgestellt, die dazu diente, das Wissen und die Vorstellungen zum Größenbereich Gewichte aufzudecken. Untersucht wurden 15 Drittklässler zunächst vor einer Unterrichtseinheit zum Größenbereich Gewichte, dann unmittelbar danach sowie schließlich nach weiteren vier Monaten. Die Schüler wurden im Rahmen von Einzelinterviews mithilfe von Aufgaben rund um das Thema Gewichte zu ihren Vorkenntnissen befragt. Den Hauptteil der Arbeit bildet der dritte Teil (C), in dem die Konzepte zur Größe Gewicht zweier Kinder in Form von Einzelfallstudien analysiert und ihre jeweilige Entwicklung aufgezeigt werden. Im vierten und letzten Teil (D) werden die Ergebnisse zusammengefasst und im Hinblick auf die zugrunde gelegte theoretische Basis reflektiert. Außerdem werden Schlussfolgerungen abgeleitet, die bei der Planung von Lernprozessen Beachtung finden sollten.

Im ersten Kapitel von Teil A erfolgt eine Auseinandersetzung mit dem Begriff des Lernens. Als theoretische Grundlage für die Auseinandersetzung mit dem Wissen und den Vorstellungen werden kognitionspsychologische Ansätze genutzt. Zunächst erfolgt dazu ein Einblick in konstruktivistische Grundgedanken (Kap. A 1.1), da im Rahmen des Konstruktivismus‘ die oben angesprochenen Vorkenntnisse der Schüler als entscheidender Ausgangspunkt für einen weiteren Lernprozess gesehen werden. Bei der Größe Gewicht handelt es sich nicht um eine rein mathematische, sondern um eine physikalische Größe. Daher wird im Rahmen dieser Arbeit auf eine Theorie des naturwissenschaftlichen Lernens eingegangen: die „Theorie des Konzeptwechsels“ (Kap. A 1.2), die sich in der Naturwissenschaftsdidaktik zur Beschreibung von Wissen und Vorstellungen durchgesetzt hat (vgl. DUIT 1997, EINSIEDLER 1997, MÖLLER 1999). Daneben wird das „Modell der Subjektiven Erfahrungsbereiche“, mit dem BAUERSFELD (1983) mathematikspezifische Lernprozesse beschreibt, erläutert (Kap. A 1.3). Mit Hilfe dieser Theorien, die beide von einem konstruktivistischen Lernbegriff ausgehen, werden die kognitiven Strukturen und der Wissenserwerb zur Größe Gewicht beschrieben.

Den Abschluss der Überlegungen zu einem konstruktivistischen Lernbegriff bildet ein Abschnitt zu der Frage, welche Auswirkungen ein solcher Lernbegriff auf den Unterricht hat und was einen Unterricht auszeichnet, der sich als konstruktivistisch bezeichnen lässt (Kap. A 1.5). In diesem Zusammenhang spielt eine wichtige Rolle, dass sich das Lernen im Unterricht vom Lernen im Alltag dadurch unterscheidet, dass Lernsituationen im Unterricht inszeniert sind, während sich Lernen im Alltag durch das Durchleben von Situationen selbstverständlich ergibt. Es ist also nicht nur von Bedeutung, inwieweit schulisches Lernen an die Vorkenntnisse anschließt, sondern auch, in welcher Form der Lernweg geplant wird.

An diese theoretischen Grundlagen zur Thematik des Wissensaufbaus schließt sich eine Darstellung der mathematisch-physikalischen Grundlage zur Größe Gewicht an (Kap. A 2).

Das dritte Kapitel stellt die gängige Unterrichtspraxis zu den Größenbereichen am Beispiel der Größe Gewicht vor und hinterfragt dabei einige Aspekte insbesondere in Bezug auf die Beachtung oder Nichtbeachtung der Vorkenntnisse der Schüler (Kap. A 3).

Den Abschluss des ersten Teils bildet ein Überblick über bereits vorliegende Untersuchungen zu Vorstellungen und Wissen von Kindern zum Größenbereich Gewichte (Kap. A 4), der zu weitergehenden Fragestellungen überleitet, die sich aus den Ergebnissen für die dieser Arbeit zugrunde liegende Studie ergeben.

Im Teil B der Arbeit wird eine empirische Studie vorgestellt. Als Grundlage der Untersuchung wird ein Konzept zum Größenbereich Gewichte (im folgenden: Gewichtskonzept) modelliert, das mittels Teilkonzepten in die Aspekte Wissen, Vorstellungen und Fertigkeiten in Hinblick auf die Auseinandersetzung mit dem Größenbereich Gewichte aufgegliedert wird (Kap. B 2). Diesen Aspekten wird im Rahmen der Auswertung der Interviews nachgegangen, indem analysiert und interpretiert wird, in welcher Form sie sich im Denken der Kinder wiederfinden lassen. Es schließt sich ein Kapitel an, in dem das methodische Vorgehen der Untersuchung beschrieben wird. Dabei werden auch die grundlegenden Fragestellungen der Untersuchung vorgestellt (Kap. B 3).

Den Hauptteil der Arbeit stellt der Teil C dar, in dem die Untersuchungsergebnisse vorgestellt, analysiert und interpretiert werden. Dabei werden die Konzepte zweier Kinder und ihre Entwicklung in Form von Einzelfallanalysen vorgestellt, indem die einzelnen Teilkonzepte in den bei ihnen auftretenden Varianten und die jeweilige Entwicklung über den oben genannten Zeitraum beschrieben werden (Kap. C 2 und C 3). Dafür erfolgt zunächst eine Vorstellung aller Teilkonzepte zum Zeitpunkt des ersten Interviews. Hieran schließt sich die Beschreibung der Entwicklung der Teilkonzepte in den Folgeinterviews an. Die Konzeptbeschreibungen der Einzelfallanalysen werden durch ausgewählte Konzepte anderer Kinder ergänzt, um aus Gemeinsamkeiten und Unterschieden auf allgemeine Entwicklungen einerseits und Anhaltspunkte für den Unterricht andererseits schlussfolgern zu können (Kap. C 4).

Im abschließenden Teil D erfolgt eine zusammenfassende Darstellung der Teilkonzepte in ihren unterschiedlichen Ausprägungen bei den an der Studie beteiligten Kindern (Kap. D 2). Außerdem werden auf der Grundlage der Ergebnisse die Teilkonzepte in einem Modell präsentiert, das die Beziehungen der Konzepte untereinander sowie ihre zeitliche Entwicklung veranschaulicht (Kap. D 4). Anschließend wird die vorgestellte Studie kritisch reflektiert, und es werden offene Forschungsfragen formuliert (Kap. D 5 und D 6). An diese Diskussion der Ergebnisse schließen sich Überlegungen an, welche Aspekte im Rahmen von Unterricht zum Größenbereich Gewichte eine besondere Beachtung finden sollten (Kap. D 7).



# A Theoretische Grundlagen

## 1 Lernen

Beschäftigt man sich mit dem Wissen von Kindern, muss zunächst der Frage nachgegangen werden, was unter Wissen und Wissensaufbau und damit dem Lernen verstanden wird. In der lernpsychologischen Literatur wird Lernen als ein Prozess gesehen, der das Ziel hat, zu einer dauerhaften Veränderung des Verhaltens, Denkens oder Fühlens zu führen. Dies geschieht durch die Interaktion des Lernenden mit der Umwelt, was sowohl den Umgang mit dem Lerngegenstand als auch die Lernsituation umfasst. Die Lernsituation, zu der soziale, emotionale und situative Aspekte gehören, hat einen wesentlichen Einfluss darauf, wie der Lernende das Gelernte abspeichert. Dabei beinhaltet Lernen jedoch nur Veränderungen, die nicht auf angeborene Reaktionen wie Reflexe oder Reifung zurückzuführen sind (vgl. hierzu HASSELHORN/ GOLD 2006, 35ff., BODENMANN ET AL. 2004, 14ff.).

Dazu gewinnt in den letzten Jahren zunehmend die Erkenntnis an Einfluss, dass Wissen, das nicht mit verschiedenen Kontexten verbunden wird, „träge“ bleibt. Aus diesem Grund steht die Anwendung des Gelernten und die Anbindung an Bekanntes im Vordergrund. Diese Erweiterung der Sicht auf Wissensaufbau wird mit dem Begriff Kompetenzerwerb bezeichnet, der sich u.a. in den BILDUNGSSTANDARDS (2005) findet und damit insbesondere die Gestaltung schulischer Lernsituationen prägt.

Es gibt zahlreiche theoretische Ansätze, die versuchen, Lernen zu beschreiben. Sie lassen sich in drei lerntheoretische Paradigmen einteilen: Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus. Dabei versuchen diese Paradigmen verschiedene Aspekte des Lernens zu erklären. Während sich der Behaviorismus mit dem Lernen von Verhalten befasst, setzen sich der Kognitivismus sowie der Konstruktivismus mit den internen kognitiven Prozessen auseinander. Im Gegensatz zum Konstruktivismus geht der Kognitivismus dabei jedoch von einer objektiven Wirklichkeit und damit auch von objektivem Wissen aus.

Als Begründer des Behaviorismus' wird John B. WATSON gesehen, der Anfang des 20. Jahrhunderts versucht hat, auf der Basis von Beobachtungen den Ursprung von Ver-

halten zu erklären. Der Behaviorismus klammert den geistigen Lernprozess, dabei aus, da dieser als nicht beobachtbar angesehen wird, also eine so genannte „Black Box“ darstellt. Im Behaviorismus wird Lernen als eine Reaktion auf einen Reiz beschrieben, was dem Lernenden eine passive Rolle zuordnet. Dieses Lernen durch Reaktion auf Reize wird Konditionierung genannt. Man unterscheidet die „Klassische Konditionierung“ (nach PAWLOW und WATSON) von der „Operanten Konditionierung“ (nach THORNDIKE und SKINNER). Im Modell der „Klassischen Konditionierung“ wird ein Reiz, der eine Reaktion auslöst, mit einem davon unabhängigen Reiz verknüpft, so dass nach einiger Zeit, der unabhängige Reiz ebenfalls zu einer Reaktionsauslösung führt. Ein bekanntes Beispiel für diese Form des Lernens stellt das Speichalexperiment von PAWLOW dar, der gezeigt hat, dass sich der Speichelfluss eines Hundes nicht nur dann verstärkt, wenn er ein Stück Fleisch vorgelegt bekommt, sondern auch dann, wenn er einen Signalton vernimmt, der vorab wiederholt an die Situation „Füttern mit Fleisch“ gekoppelt war. Der Hund hat gelernt, dass der Reiz „Signalton“ ihm die Situation „Füttern“ anzeigt, was zu einer Reaktion seinerseits (Speichelfluss) führt. In der Theorie der „Operanten Konditionierung“ rückt dagegen die Reaktion der Umwelt auf ein gezeigtes Verhalten in den Blickpunkt. Hier wird davon ausgegangen, dass eben diese Reaktion der Umwelt dazu führt, entweder das gezeigte Verhalten zu wiederholen (positive Verstärkung) oder nicht mehr zu zeigen (negative Verstärkung).<sup>2</sup>

Mit dieser behavioristischen Sicht auf das Lernen sind zum einen komplexe Lernprozesse nicht erklärbar, zum anderen wird die Individualität des Lernprozesses außer Acht gelassen, da Lernen als passiver Prozess verstanden wird. In den 1960er Jahren erfolgte als Reaktion auf das Ignorieren der kognitiven Prozesse beim Lernen im Behaviorismus die „kognitive Wende“. Der Ursprung des so genannten Kognitivismus wird in der Gestaltpsychologie gesehen. Im Kognitivismus rücken die kognitiven Strukturen des Lernprozesses in den Mittelpunkt der Analyse, die „Black Box“ des Behaviorismus wird zu entschlüsseln versucht. Gegenstand der Analyse sind Erwerb, Verarbeitung, Speicherung und Abrufbarkeit von Wissen. Dem Kognitivismus lassen sich verschiedene Lerntheorien zuordnen, u.a. das „Lernen aus Einsicht“ sowie das „Lernen am Modell“. LEFRANÇOIS fasst hierzu zusammen:

Der wesentliche Unterschied zwischen dem kognitiven und dem behavioristischen Ansatz besteht darin, daß die kognitiven Psychologen den Reizen und Reaktionen keinerlei Bedeutung beimessen, sondern sich vielmehr mit Organisationsprozessen, Informationsverarbeitung und Entscheidungsvorgängen befassen (LEFRANÇOIS 1994, 15).

Der Konstruktivismus hat den gleichen Ausgangspunkt wie der Kognitivismus: auch er beschäftigt sich mit der „Black Box“ des Behaviorismus. Wie der Kognitivismus geht auch der Konstruktivismus von einem aktiven Lernen aus, betont zusätzlich aber den in-

---

2 Für eine detaillierte Ausführung der Theorien des Behaviorismus' vgl. BODENMANN ET AL. (2004); FRIEDRICH (2005); BEDNORZ/ SCHUSTER (2002<sup>3</sup>).

dividuellen Aspekt des Lernens, das durch die subjektive Deutung des Geschehens eine weitere Dimension erhält. „Durch seine Eigenaktivität konstruiert der Lernende eine mentale (und notwendigerweise subjektive) Repräsentation der neuen Informationen“ (HASSELHORN/ GOLD 2006, 64).

Diese drei lerntheoretischen Paradigmen werden auf vielfältige Art und Weise in didaktischen Modellen aufgegriffen, die die Grundlage für Unterrichtsmethoden bilden. Entsprechend der geschichtlichen Entwicklung der lernpsychologischen Sicht auf das Lernen wurde schulisches Lernen lange Zeit primär als Wissenstransfer („Nürnberger Trichter“) verstanden: der Lehrer als Experte verfügte über das Wissen, das er auf die Schüler übertragen wollte. Das führte dazu, dass das in der Schule gelernte Wissen „träge“ war. Es war als abrufbares Faktenwissen zwar vorhanden, konnte aber oftmals nicht angewendet werden, da es weder adäquat an die vorhandenen Vorkenntnisse der Lernenden anknüpfend vermittelt noch in authentischen Lernsituationen präsentiert wurde. Lernen wurde somit als passiver Wissenstransfer und nicht als aktiver Wissensaufbau verstanden.

Aus konstruktivistischer Sicht handelt es sich beim Lernen um einen aktiven, selbstgesteuerten Prozess des Lernenden, der sein Wissen selbst aufbaut, indem er neue Informationen in bereits vorhandene Strukturen einbindet.

Gefördert werden soll ein aktives und selbstreguliertes Lernen in authentischen Kontexten, angestrebt wird eine Balance von formalen und informellen, von schulischen und außerschulischen Erfahrungen. (GERSTENMAIER/ MANDL 1995, 867)

Sowohl in der Mathematik als auch in den Naturwissenschaften hat entsprechend der dargestellten Entwicklung in den letzten Jahren ein Paradigmenwechsel in Bezug auf das Verständnis des Lernens stattgefunden. So wird hier, wie in anderen Schulfächern auch, Lernen zunehmend konstruktivistisch aufgefasst. Aus diesem Grund stützt sich diese Arbeit auf eine konstruktivistische Sicht des Lernens, insbesondere auch weil diese Sicht auf das Lernen durch Ergebnisse aus der Hirnforschung gestützt wird (vgl. S. 10).

Im Folgenden wird das Lernparadigma 'Konstruktivismus' vertieft dargestellt und aufgezeigt, inwieweit ein konstruktivistischer Standpunkt Auswirkungen auf das Verständnis von Lernen hat. Da es sich bei der Größe *Gewichte* sowohl um einen mathematischen als auch einen physikalischen Größenbereich handelt, bietet es sich an, zur Beschreibung des Wissensaufbaus auf Theorien aus dem mathematischen sowie aus dem naturwissenschaftlichen Kontext zurückzugreifen. Die Theorie des „Konzeptwechsels“ (S. 11ff.) ist eine in der Naturwissenschaftsdidaktik etablierte Theorie des Denkens und Lernens. Das Modell der „Subjektiven Erfahrungsbereiche“ (S. 15ff.) wurde vor einem mathematikdidaktischen Hintergrund entwickelt. Beide Theorien gehen von einem konstruktivistischen Lernbegriff aus.

Abschließend wird aufgezeigt, welche Form des Unterrichts konstruktivistischem Lernen gerecht wird (S. 18).

### 1.1 Lernen aus konstruktivistischer Sicht

Beim Konstruktivismus handelt es sich um eine philosophische Erkenntnistheorie, die in unterschiedlichsten wissenschaftlichen Disziplinen wie z.B. der Pädagogik, der Psychologie, den Politikwissenschaften sowie der Kunst Anwendung findet. Der Begriff Konstruktivismus umfasst dabei verschiedene, zum Teil sehr unterschiedliche Strömungen. Dementsprechend variieren die Definitionen dessen, was unter Konstruktivismus verstanden wird.

Der **Radikale Konstruktivismus**, zu dessen Vertretern die Philosophen VON GLASERSFELD und VON FOERSTER zählen, geht davon aus, dass der Mensch ein in sich geschlossenes System ist, das Informationen aus der Umwelt über die Sinneskanäle aufnimmt und interpretiert. Dadurch entstehen interne Konstruktionen der Umwelt, über die sich nicht sagen lässt, inwieweit sie mit der Realität übereinstimmen, da jede dieser Konstruktionen auf der Grundlage subjektiver Wahrnehmung gebildet wird. Der Mensch konstruiert sich also seine eigene subjektive Wirklichkeit, oder wie VON FOERSTER sagt: „Die Umwelt, so wie wir sie sehen, ist unsere Erfindung“ (V. FOERSTER 1985, 40). Das impliziert, dass es keine menschliche Objektivität geben kann, da jede Vorstellung über die Realität subjektiv konstruiert wird. Aus diesem Grund lässt sich auch keine Aussage darüber tätigen, inwieweit ein Konstrukt mit der Realität übereinstimmt. Damit ist sogar die Frage nach dem Vorhandensein einer Realität außerhalb des Systems Mensch müßig, sie lässt sich nicht beantworten.

Der Wahrheitsgehalt einer Konstruktion wird nach VON GLASERSFELD danach bewertet, inwieweit sie zu Widersprüchen innerhalb des aufgebauten Systems führt. Er setzt hierfür den Begriff der *Viabilität* in Anlehnung an PIAGET<sup>3</sup> ein:

Auf der Ebene der reflexiven Abstraktion jedoch ermöglichen operative Schemas, daß die Organismen ein relativ kohärentes begriffliches Netzwerk von Strukturen aufbauen, die jene Handlungsverläufe und Denkprozesse widerspiegeln, die sich soweit als viabel erwiesen haben. Die Viabilität von Begriffen auf dieser höheren und umfassenden Ebene der Abstraktion wird nicht an ihrem praktischen Wert gemessen, sondern an dem Grad ihrer widerspruchs- und reibungslosen Einpassung in das größtmögliche begriffliche Netzwerk. (VON GLASERSFELD 1996, 122)

Konstruktionen werden also bei entstehenden Widersprüchen im System den neu wahrgenommenen Gegebenheiten entsprechend überarbeitet, d.h. Lernen vollzieht sich in der

---

<sup>3</sup> VON GLASERSFELD hat den Radikalen Konstruktivismus mit einem starken Bezug auf die Arbeiten PIAGETS entwickelt (vgl. hierzu GLASERSFELD 1997). In Kapitel A 4.1 wird aufgezeigt, welche Sichtweise der Lernentwicklung PIAGET insbesondere im Hinblick auf die Größe Gewicht vertrat.

aktiven Auseinandersetzung neuer Erfahrungen mit bereits vorhandenen kognitiven Strukturen.

VON GLASERSFELD hat vier Grundprinzipien für den Radikalen Konstruktivismus formuliert, nach denen sich Wissen aufbaut:

1. (a) Wissen wird nicht passiv aufgenommen, weder durch die Sinnesorgane noch durch Kommunikation.  
  
(b) Wissen wird vom denkenden Subjekt aufgebaut.
2. (a) Die Funktion der Kognition ist adaptiver Art, und zwar im biologischen Sinne des Wortes, und zielt auf Passung oder Viabilität;  
  
(b) Kognition dient der Organisation der Erfahrungswelt des Subjekts und nicht der 'Erkenntnis' einer objektiven ontologischen Realität. (VON GLASERSFELD 1996, 96)

Während der Radikale Konstruktivismus „individuumzentriert [ist] und (...) die operationale Geschlossenheit des menschlichen Wahrnehmens, Denkens und Fühlens“ betont (SIEBERT 2004, 3), setzt sich der **Soziale Konstruktivismus**, wie er von BERGER und LUCKMANN vertreten wird (vgl. BERGER/ LUCKMANN 2001), dagegen ab, indem er die Kommunikation zwischen den Individuen untereinander und die Auseinandersetzung mit den Konstrukten der Gesellschaft beim Bilden eigener Konstrukte in den Vordergrund stellt. Lernen vollzieht sich demnach im Wechselspiel zwischen eigenen subjektiv aufgebauten Konstrukten und der Konfrontation mit den subjektiven Konstrukten anderer Individuen und ist damit immer sozial begründet.

Soziale Kontrolle, Intersubjektivität und Legitimationen werden von Kindern und Jugendlichen im Rahmen von Sozialisationsprozessen internalisiert, gesellschaftliches Wissen 'wird im Laufe der Sozialisation als objektive Wahrheit gelernt und damit als subjektive Wirklichkeit internalisiert'. (GERSTENMAIER/ MANDL 1995, 871; sie zitieren hier BERGER/ LUCKMANN 1970, 71)

MÖLLER weist aber darauf hin, dass beim sozial konstituierten Konstruktivismus die Gefahr besteht, dass „individuelle Lernprozesse und entwicklungsbedingte Voraussetzungen“ (MÖLLER 1997, 256) vernachlässigt werden, da der Schwerpunkt auf der sozialen Komponente des Lernens liegt. Dennoch macht es Sinn, sich die Bedeutung des sozialen Lernens bewusst zu machen, da aus lernpsychologischer Sicht dem sozialen Lernen ein wichtiger Aspekt im Lernprozess zugestanden wird: durch die Interaktion mit anderen lernt man von- und miteinander.

Im sogenannten **Moderaten** oder auch **Pragmatischen Konstruktivismus** werden konstruktivistische Merkmale und Elemente aus dem Pragmatismus nach DEWEY miteinander

der verknüpft. „Der aktive, selbstgesteuerte Lerner steht im Mittelpunkt, aber die ideosynkratischen Konstruktionsprozesse müssen als eingebunden in den sozialen und materiellen Kontext, der durch die Lernsituation gegeben ist, gesehen werden“ (DUIT 1997, 238). Es wird eine Sichtweise von Lernen vertreten, die sowohl die Individualität des Lernens als auch den situativen und sozialen Kontext beachtet. Der pragmatische Konstruktivismus versucht damit, die angesprochene Einseitigkeit der verschiedenen konstruktivistischen Sichtweisen aufzuheben, indem in ihm Aspekte aus den einzelnen Varianten aufgegriffen und zusammengefasst werden. So ist der Terminus „moderat“ durch die Integration unterschiedlicher Tendenzen als Abgrenzung gegenüber dem Radikalen Konstruktivismus zu verstehen.<sup>4</sup>

### 1.1.1 Neurowissenschaftliche Bestätigung konstruktivistischer Lerntheorien

Ergebnisse aus der Hirnforschung bestätigen die konstruktivistische Sicht auf das Lernen. So wird hier Wissensaufbau als Bildung neuronaler Netzwerke gesehen, die wiederum wechselseitig miteinander verknüpft sind (vgl. ARNOLD 2006, 145ff.) Dabei lässt sich nach Roth aus Sicht der Neurowissenschaften belegen, dass Wissen nicht übertragen werden kann, sondern vom Lernenden selbst aufgebaut werden muss (vgl. ROTH 2006, 50). Das entspricht der konstruktivistischen Annahme, dass Lernen einen aktiven Prozess darstellt, der vom Individuum subjektiv und eigenständig vollzogen wird und nicht von außen gesteuert sondern allenfalls angeregt werden kann.

Aus neurowissenschaftlicher Sicht versucht das Gehirn bei der Abspeicherung „neuen“ Wissens, Anknüpfungspunkte an bestehendes Wissen (Vorwissen) zu finden, um das neue Wissen einordnen und vernetzt abspeichern zu können. So bilden sich immer komplexere Netzwerke. Wissenskonstruktion wird hierbei als unbewusster Prozess verstanden, der automatisch abläuft und durch das so genannte limbische System<sup>5</sup> gesteuert wird.

In jeder Situation wird vom limbischen System geprüft, ob diese Situation bereits bekannt ist bzw. einer früheren sehr ähnelt, und welche Erfahrungen wir damit gemacht haben. (...) Kommt das System zu einem positiven Ergebnis, so werden über die (...) neuromodulatorischen Systeme in der Großhirnrinde vorhandene Wissens-Netzwerke so umgestaltet, dass neues Wissen entsteht. (ROTH 2006, 52f.)

Dinge, die für den Lernenden neu, d.h. nicht anschlussfähig sind, fallen durch die Gedächtnisnetze hindurch, weil sie nirgendwo Brücken zu bereits vorhandenem Wissen bilden können. Sie werden dann zu einem mühsam gelegten Bodensatz, aus dem dann erst Bedeutungs-Netzwerke werden können. (ROTH 2006, 57)

---

<sup>4</sup> Es gibt auch die Bezeichnung „Moderat pragmatischer Konstruktivismus“.

<sup>5</sup> Für einen Überblick über die Funktions- und Arbeitsweise des Gehirns und insbesondere des limbischen Systems vgl. ARNOLD (2006), GASSER (2008), ROTH (2006).

Die im Rahmen des Konstruktivismus' betonten Aspekte der Anknüpfung neuer Lerninhalte an Bestehendes, der individuelle Wissensaufbau sowie die Subjektivität von Wissen werden demnach durch neurowissenschaftliche Forschungsergebnisse gestützt. Konstruktivistisch orientierten Lerntheorien liegt entsprechend die Annahme zugrunde, dass Wissen nicht im Sinne eines Transfers an den Lernenden weitergegeben werden kann, sondern in einer aktiven Auseinandersetzung, anknüpfend an das Vorwissen, in einem situativ und sozial angemessenen Kontext aufgebaut wird. Diese Annahme liegt den beiden im folgenden beschriebenen Theorien, der Theorie des Konzeptwechsels sowie dem Modell der Subjektiven Erfahrungsbereiche, zugrunde.

## 1.2 Theorie des Konzeptwechsels

Schon in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden Untersuchungen dazu durchgeführt, welche Vorstellungen und Kenntnisse zu im Unterricht behandelten Themen Schüler bereits vor einer schulischen Unterweisung besitzen, da ein Bewusstsein dafür entstand, dass ein guter Unterricht auf genau diese Vorkenntnisse Bezug nehmen muss (vgl. hierzu HALL/ BROWNE 1903, ZIETZ 1936, 1939, BANHOLZER 1936 sowie später die Arbeiten PIAGETS, z.B. PIAGET/ INHELDER 1975). Es dauerte aber bis in die 1980er Jahre, bis sich dieses Bewusstsein umfassend etabliert hat. Seitdem hat sich in der Mathematikdidaktik sowie insbesondere in der naturwissenschaftlichen Didaktik immer mehr ein konstruktivistischer Ansatz im Sinne des moderat pragmatischen Konstruktivismus' etabliert. Dabei werden im Lernprozess neben den Vorkenntnissen (die oft als Präkonzepte bezeichnet werden) auch soziale, emotionale und situative Aspekte der Lernsituation berücksichtigt.

Die Theorie des „Konzeptwechsels“, wie sie von DUIT (1997) und MÖLLER (1997) im Rahmen der naturwissenschaftlichen Didaktik propagiert wird, versucht, die verschiedenen den Lernprozess beeinflussenden Aspekte zu berücksichtigen. Die Theorie geht auf POSNER ET AL. (1982) zurück, die sich mit Lernprozessen in den Naturwissenschaften beschäftigten. Anfang der 1980er Jahre entwickelten diese ihre Theorie des *Conceptual change*, in der sie beschreiben, unter welchen Umständen Lernende (in ihrem Fall Studierende der Physik) von vorhandenen Präkonzepten zu wissenschaftlich fundierten Konzepten gelangen. Auch CAREY hat basierend auf der Theorie des Conceptual Change naturwissenschaftliches Lernen untersucht. Dabei hat sie unter anderem zusammen mit SMITH ET AL. (1985) kindliche Konzepte zu Größe, Gewicht und Dichte beschrieben (vgl. A.4.2).

Wenn CAREY von Konzepten spricht, versteht sie hierunter „units of mental representation roughly equivalent to a single word, such as *object*, *animal*, *alive*, *heat*, *weight*, and *matter*“ (CAREY 2000, 14). Die angesprochene geistige Repräsentation entsteht durch die Verknüpfung eines Begriffs mit Emotionen, Assoziationen, Handlungen etc. Einzelne Konzepte vernetzen sich zu komplexen Repräsentationsstrukturen, wobei

ein Konzept selbst bereits einer komplexen Repräsentationsstruktur entspricht (vgl. ebd.). CAREY (1988) hat in ihrer Arbeit zu Lernprozessen gezeigt, dass bereits Kinder Konzepte in Form von Repräsentationsstrukturen aufbauen. STERN (2006) Ausführungen zu Erwerb und Umstrukturierung von Begriffen weisen Parallelen zu CAREYS Konzeptbegriff auf. STERN spricht davon, dass Begriffe den Kern unseres Wissens bilden, wobei Begriffe miteinander vernetzt werden. Die dadurch entstehenden Netzwerke weisen unterschiedlichen Umfang und unterschiedliche Strukturen auf. Die in der zwischenmenschlichen Kommunikation auftretenden Verständigungsprobleme sind nach STERN darauf zurückzuführen, dass „die gleichen Begriffe verwendet werden, während die Netzwerke, in die sie eingebettet sind, sehr unterschiedlich sind“ (ebd., 48).

Entsprechend dieser Sicht verstehe ich im folgenden unter einem Konzept eine mentale Repräsentationsstruktur, in der Wissen und Vorstellungen in Form von Begriffen, Emotionen und Sinneseindrücken miteinander vernetzt sind<sup>6</sup>. Unter dem Begriff „Wissen“ werden in der vorliegenden Arbeit abgespeicherte verarbeitete Informationen verstanden, die im Rahmen des Verarbeitungsprozesses auf der Grundlage bereits vorhandenen Wissens interpretiert und mit diesem Wissen vernetzt werden. Der Begriff „Vorstellung“ beinhaltet demgegenüber die Erweiterung von Wissen auf der Grundlage einer durchlaufenen Erfahrung. Diese umfasst Sinneswahrnehmungen, Emotionen, Handlungen, Assoziationen etc.

Bei den so genannten Präkonzepten handelt es sich um das Wissen und die Vorstellungen zu einem Lerngegenstand, mit denen die Lernenden in eine weitere (schulisch angeleitete) Lernsituation zu dem entsprechenden Lerngegenstand eintreten. Dieses Wissen und die Vorstellungen gründen im Fall von Grundschülern meist auf Alltagserlebnissen, in denen aus Erfahrungen, die ohne wissenschaftliche Grundlage interpretiert wurden, Konzepte konstruiert werden. Deswegen werden diese Präkonzepte zum Teil auch als „Alltagsvorstellungen“ bezeichnet. Die Präkonzepte bei Grundschülern weichen oft noch stark von so genannten wissenschaftlichen Konzepten ab oder widersprechen ihnen sogar, wobei die Annahme, dass es wissenschaftlichen Konzepte gibt, eine Objektivität voraussetzt, die der Konstruktivismus grundsätzlich ausschließt. Es handelt sich demnach um das, was Wissenschaftler als quasi-objektiven Konsens zu einem Konzept annehmen.

Präkonzepte lassen sich nach MÖLLER (1999, 140f.) in zwei verschiedene Kategorien einteilen. So gibt es zum einen tief verankerte Vorstellungen, so genannte deep structures, „die gegen Veränderung oft sehr resistent sind“ (ebd., 140), sowie zum anderen Konzepte, die als

---

6 In der Literatur finden sich für die Beschreibung von Wissensstrukturen neben dem Begriff *Konzept* noch andere Begriffe, die gleiche oder ähnliche Strukturen beschreiben; u.a. (kognitives) Schema (vgl. WITTMANN 1975), Skript (SCHANK/ ABELSON 1977); vgl. außerdem die Ausführungen von VOGEL/ HUTH (2010) zur Unterschiedlichkeit des Konzeptbegriffs in der Literatur.



spontane oder aktuelle Konstruktionen bezeichnet werden. Spontane Konstruktionen können auch, bedingt durch Besonderheiten der Erhebungssituation, als Verlegenheitskonstruktionen im Verlauf von Gesprächen, insbesondere in Befragungen gebildet werden (ebd. 140).

Nach POSNER ET AL. (1982, 212) gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten des Lernens, die sie mit „Assimilation“ und „Akkommodation“<sup>7</sup> bezeichnen. Im ersten Fall ergänzt der Lernende bestehende Konzepte um neue Wissensaspekte, im zweiten Fall differieren altes Konzept und neues Wissen zu stark oder widersprechen sich sogar, so dass das bestehende Konzept durch ein neues abgelöst werden muss. Sie haben vier Bedingungen formuliert, die als Voraussetzung für Akkommodation zu sehen sind:

1. „There must be dissatisfaction with existing conceptions“ (ebd., 214). Dies bedeutet, dass der Lernende einsehen muss, dass sein Konzept nach den neu gewonnenen Erkenntnissen nicht mehr einsatzfähig ist.
2. „A new conception must be intelligible“ (ebd., 214). Das neue Konzept muss verständlich sein, es muss Sinn ergeben.
3. „A new conception must appear initially plausible“ (ebd., 214). Das neue Konzept muss auch auf alte Erfahrungen erfolgreich, wenn vielleicht auch mit anderen Ergebnissen, anwendbar sein.
4. „A new concept should suggest the possibility of a fruitful research program“ (ebd., 214). Das neue Konzept sollte ausbaufähig sein und neue Denkwege eröffnen.

An diesem Ansatz von POSNER ET AL. wurde vielfach die rein kognitive Ausrichtung kritisiert, die emotionale, situative und soziale Faktoren des Lernprozesses außer Acht lässt, weshalb diese Theorie auch als „kalte“ Theorie des Konzeptwechsels bezeichnet wird. Dagegen haben PINTRICH ET AL. (1993) die so genannte „heiße“ Theorie formuliert, in der der emotionale Aspekt des Lernens stärker berücksichtigt wird.<sup>8</sup>

Ein weiterer Ansatz ist der der situierten Kognition, der auf GERSTENMAIER und MANDL (1995) zurückzuführen ist; er legt seinen Schwerpunkt darauf, die Situationsgebundenheit des Lernens zu betonen:

Wissen wird nicht einfach transportiert, sondern das Individuum konstruiert seine kognitiven Strukturen am besten im Kontext von Aufgaben, die aus authentischen Umweltsituationen heraus erwachsen. Die Aufgaben sollen das Verstehen von Umweltgegebenheiten ermöglichen, und sie sollen in ei-

7 POSNER ET AL. weisen darauf hin, dass sie sich zwar PIAGETS Vokabular bedienen, damit aber keine Bezüge zu seinen Ansichten herstellen wollen (1982, 212). Vgl. hierzu auch die Ausführungen in Kapitel A 4.1 zur Lernentwicklung nach PIAGET.

8 Ähnliche Überlegungen hat BRUNER schon 1966 in seinem Buch „Toward a Theory of Instruction“ formuliert, indem er Piagets konstruktivistischen Gedanken durch die Komponente der sozialen Interaktion erweitert hat (vgl. <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/LERNEN/LerntheorienKonstruktive.shtml>, Stand: 17.08.10)

nem sozialen Prozeß, in einem kommunikativen Austausch gelöst werden.  
(EINSIEDLER 1997, 31)

CAREY ET AL. (CAREY 1985, CAREY 1990, CAREY 2000, CAREY/ SPELKE 1994) haben ebenfalls eine Theorie des *Conceptual Change* in ihren Arbeiten mit Kindern zu physikalischen und biologischen Themen entwickelt. Hier wird Lernen mit den Begriffen 'weiche' und 'harte' Umstrukturierung beschrieben. Unter *weichen Umstrukturierungen* verstehen CAREY ET AL., dass ein bestehendes Konzept durch neues Wissen erweitert, ausdifferenziert und dadurch abgeändert wird. Es findet in diesem Fall aber kein Umbruch der Art statt, dass das alte Konzept durch ein neues ausgetauscht wird. Der Austausch von Konzepten wird in dieser Theorie als *harte Umstrukturierung* bezeichnet.<sup>9</sup>

DUIT (1997, 237) hat gezeigt, dass eine solche als harte Umstrukturierung beschriebene Variante des Lernens, im Sinne des Ersetzens eines Konzeptes durch ein anderes, so nicht stattfindet. Auch wenn eine Assimilation neuer Erfahrungen in ein bestehendes Konzept scheitert, trennen sich Lernende nicht ohne weiteres von ihren Präkonzepten, die sich im Alltag bisher bewährt haben, sondern der Lernende baut eher ein zusätzliches Konzept auf, das dann neben dem alten besteht; je nach Kontext greift der Lernende dann auf eines der beiden Konzepte zu. Eine bedeutende Rolle spielt hierbei, dass der Lernende die arrangierte Lernsituation nicht mit seiner Alltagserfahrung zusammenbringt, so dass die Übertragungsleistung von einer Situation in eine andere fehlt. Das führt dazu, dass das Alltagskonzept neben dem durch den Lernanlass initiierten Konzept existiert.

In manchen schulischen Lernsituationen gelingt dem Lernenden auch eine Assimilation, obwohl der Lehrende eigentlich bewusst einen Konflikt mit dem bestehenden Konzept herbeiführen will. Der Lernende deutet das Lernergebnis so um, dass es in seine Konzeptstruktur hineinpasst. Dies hängt damit zusammen, dass Schüler Erfahrungen aus Lernsituationen nicht immer so interpretieren, wie es der Lehrer erwartet, sondern so, wie sie es aufgrund ihrer Vorstellungen erwarten (vgl. DUIT 1995, 909). „Häufig werden nur Hybride erreicht, also Vorstellungen, bei denen gewisse Aspekte der neuen wissenschaftlichen Sichtweise mit den alten Vorstellungen verwoben sind“ (DUIT 1995, 910).

Obwohl sich also selten ein wirklicher Wechsel vollzieht, hat sich in der deutschsprachigen Fachliteratur mittlerweile die Bezeichnung „Konzeptwechsel“ für diese Theorie des Lernens in den Naturwissenschaften durchgesetzt. Für den Grundschulunterricht hat sich diese Theorie in einer 'abgeschwächten' Form etabliert. Hier geht es „weniger um einen Wechsel der Hinsichten, als um eine allmähliche Annäherung an wissenschaftliche Denkweisen, also um ein Lernen im Vorfeld von Naturwissenschaften und Technik, das weiterführendes Lernen grundlegt“ (MÖLLER 1997, 251). Lernen wird also eher im Sinne der Variante der weichen Umstrukturierungen nach CAREY verstanden, die darauf

---

<sup>9</sup> Die weiche Umstrukturierung nach Carey entspricht der Assimilation nach Posner et. al.; die harte Umstrukturierung der Akkomodation.

basiert, dass „die bereichsspezifische[n] theorieähnliche[n] Strukturen (...) sich nicht durch qualitative Sprünge bei den operationalen Levels verändern, sondern durch Integration und Differenzierung inhaltlichen Wissens“ (EINSIEDLER 1997, 31). Außerdem wird versucht, die Schwerpunkte der verschiedenen Ansätze miteinander zu verknüpfen und entsprechend den schulischen Lernprozess unter Berücksichtigung der **emotionalen, sozialen und situativen** Faktoren an die kindlichen Konzepte anzuschließen, so dass der Schüler seinen individuellen Lernweg gehen kann.

NÜHRENBÖRGER (2002) formuliert fünf Aspekte zum Auftreten kindlicher Konzepte zu physikalischen Phänomenen und führt an, dass sich diese Beschreibung auf das Auftreten kindlicher Konzepte im arithmetischen Bereich übertragen lässt (vgl. ebd., S. 114):

- Konzepte bauen auf in sich kohärenten Theorien auf, die sich im Alltag bewährt haben und aus der Sichtweise der Kinder nicht unbedingt defizitär sind.
- Unterrichtliche Belehrungen werden zum Teil selektiv wahrgenommen, so dass eigene Überzeugungen nicht in Frage gestellt werden müssen.
- Kinder aktivieren unterschiedliche Konzepte in Situationen, die für Erwachsene äquivalent sind. Sie passen ihre Konzepte bestimmten Kontexten an und aktivieren bestimmte Teile ihres Konzepts situationsabhängig.
- Präkonzepte sind oftmals vage und können nicht explizit formuliert werden.
- Präkonzepte besitzen zum Teil 'Ankervorstellungen' bzw. 'Kernintuitionen', die mit der Fachstruktur zusammenpassen. (NÜHRENBÖRGER 2002, 113f.)

Die vorliegende Arbeit stützt sich auf diese abgeschwächte Theorie des Konzeptwechsels, wie sie von MÖLLER und DUIT vertreten wird. Auf dieser Grundlage wird untersucht, welche Konzepte sich in Bezug auf den Größenbereich Gewichte bei den Schülern identifizieren lassen und ob sich eine Entwicklung der Konzepte im Verlauf des Untersuchungszeitraums beschreiben lässt.

### 1.3 Modell der Subjektiven Erfahrungsbereiche

Das Modell der Subjektiven Erfahrungsbereiche (kurz SEBs) von BAUERSFELD (1983) beschreibt die Verarbeitung von Erfahrung beim Mathematiklernen. BAUERSFELD hat dieses Modell in Anlehnung an verschiedene Theorien, die die Bereichsspezifität des Denkens beschreiben, entwickelt. Hierzu zählen u. a. die Theorie der „Bereichsspezifität formaler Denkstrukturen“ von SEILER (1973) sowie die Theorie der „microworlds“ von LAWLER (1981). Die Theorien entstammen der kognitionspsychologischen Forschung und vernachlässigen seiner Ansicht nach zum einen die soziale Dimension des Lernens und zum anderen die Entwicklung inhaltspezifischer Prozesse (vgl. BAUERSFELD 1983, 12). Deswegen hat er seinem Modell der SEBs ein umfassenderes Verständnis von Lernen zugrunde gelegt.

BAUERSFELD betont – wie der Modellname es auch hervorhebt – die Subjektivität des Lernprozesses, der neben der kognitiven Komponente auch die situativen, emotionalen und sozialen Aspekte beinhaltet. Außerdem hebt er „die Selbständigkeit und Verantwortlichkeit des handelnden Subjekts“ (ebd., 28) hervor und ist damit in eine (moderat) konstruktivistische Sichtweise des Lernens einzuordnen.

Wenn BAUERSFELD von SEBs spricht, so geht er

von einer nicht-hierarchischen, kumulativen Speicherung der Erfahrung beim Individuum [aus], und zwar entsprechend der situativen Bindung in deutlich getrennten '*Subjektiven Erfahrungsbereichen*' (...). Die SEB'e umfassen dabei stets die Gesamtheit des subjektiv wichtig Erfahrenen und Verarbeiteten, einschließlich der Gefühle, der Körpererfahrung usw., also nicht nur die kognitive Dimension. (...) Die SEB'e werden konkurrierend aktiviert und ermöglichen mit der Entscheidung (unter gleichzeitiger Unterdrückung der Konkurrenten) die subjektive Wahrnehmung der gegebenen aktuellen Situation. (BAUERSFELD 1983, 2)

Erfahrungen und damit auch Wissen sind demnach in verschiedenen, voneinander getrennten SEBs abgespeichert, wobei sich durch die Vernetzung einzelner SEBs neue bilden können. Lernen entspricht in diesem Modell dem Bilden neuer sowie der Veränderung bestehender SEBs (vgl. ebd., 2).

Durch die nicht-hierarchische Speicherung ergibt sich die Möglichkeit, dass in einer Situation verschiedene SEBs gleichberechtigt aktiviert werden, so dass es möglich ist, zwischen ihnen hin und her zu wechseln, wobei nicht mehrere SEBs gleichzeitig aktiv sein können. Die anderen werden in diesem Moment unterdrückt, so dass die Situation auf der Grundlage des einen SEB interpretiert wird. Diese Sichtweise der Deutung einer Situation entspricht im Konzeptwechselmodell der Ansicht, dass der Lernende nicht unbedingt das vom Lehrenden erwartete Ergebnis wahrnimmt, sondern das Ergebnis auf der Grundlage seines Präkonzeptes deutet. An diesem Punkt wird deutlich, dass das Konzeptwechselmodell und das Modell der SEBs ähnliche Strukturen beschreiben.

Bestehende SEBs werden durch das wiederholte Aufrufen in unterschiedlichen Situationen erweitert. „Ihre Grenzen überschreitet das Individuum aktiv entwerfend, erprobend und aushandelnd in Situationen sozialer Interaktion“ (ebd., 31). Außerdem verfestigen sich SEBs durch wiederholte Aktivierung, während durch stetige Nicht-Aktivierung SEBs zunehmend verblassen.

Die Bereichsspezifität betrifft auch den Sprachgebrauch. Auch hier gibt es „keine automatische Verallgemeinerung von Begriffen“ (ebd., 34). Dies führt dazu, dass für den Lernenden der gleiche Terminus in verschiedenen SEBs eine unterschiedliche Bedeutung haben kann. Eine Verallgemeinerung geschieht entweder durch Abstraktion, bei der der Lernende die Analogien verschiedener SEBs erkennt und zu einem neuen SEB abstrahiert, oder durch Übertragung, bei der er eine ihm aus einem SEB bekannte Regel

auf eine neue Situation erfolgreich anwendet (vgl. ebd., 34). Dieser Verallgemeinerungsprozess mit der damit zusammenhängenden Neugründung eines SEB kann von außen zwar unterstützt werden, muss aber letztlich vom Lernenden eigenständig vollzogen werden. „Gelingt die Gründung nicht, so stellt der Lernende unter gegebenem Reaktionszwang eine Ersatzkonstruktion *innerhalb* der aktivierten SEB her, die für ihn sinnvoll erscheint und (vielleicht) auch in Teilgebieten richtige Lösungen und Schlüsse liefert“ (ebd., 35). Auf diese Weise lassen sich auch „Fehler“ von Schülern erklären.

So lange verschiedene Erfahrungsbereiche noch nicht ausreichend miteinander vernetzt sind, kann dies dazu führen, dass die gleiche Problemstellung, die nacheinander in verschiedenen Kontexten präsentiert wird, in unterschiedlichen SEBs bearbeitet wird. Mögliche Analogien werden dann durch die (noch) fehlende Vernetzung nicht erkannt. Entsprechend ist es möglich, dass ein Problem in einem Kontext gelöst, in einem anderen Kontext aber nicht gelöst werden kann, da es noch nicht in verschiedenen Bereichen erfahren und somit auch noch nicht in verschiedenen SEBs repräsentiert wurde. „Erst eine *ausreichende* Entwicklung und Differenzierung *verschiedener* SEB'e macht Verknüpfungen subjektiv möglich und macht Vereinheitlichungen subjektiv sinnvoll“ (ebd., 53).

Da es sich beim Aufbau sowie der Vernetzung von SEBs um individuelle Prozesse handelt, liegt es auf der Hand, dass diese Individualität die Unterschiedlichkeit des Lernens bei verschiedenen Individuen bedingt. Den Lernenden fällt der Aufbau und die Ausdifferenzierung von SEBs sowie die Vernetzung oder der Wechsel dieser untereinander unterschiedlich leicht, was sich in unterschiedlich tief gehenden Verständnissen des Lerninhaltes widerspiegelt.

Für die vorliegende Arbeit ist die Theorie der SEBs von Interesse, da dieses Modell es ermöglicht, zu zeigen, dass ein Lernender strukturell gleiche Probleme in verschiedenen Kontexten mit unterschiedlichem Erfolg bearbeitet. Abgesehen davon handelt es sich um ein Modell, das entwickelt wurde, um das Lernen von Mathematik zu beschreiben. Da es sich bei der Größe Gewicht um ein Thema des Mathematikunterrichts handelt, liegt es nahe, auf eine Theorie zurückzugreifen, die für diesen Kontext konzipiert wurde.

## 1.4 Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Theorien von Konzeptwechsel und SEB

Die Theorie des Konzeptwechsels sowie die der SEBs sind zu Beginn der 1980er Jahre entstanden, zu einem Zeitpunkt, als der Forschung verstärkt bewusst wurde, welche Rolle bereits vorhandene Denkstrukturen für den weiteren Lernprozess spielen. „Fehler“ werden bei diesen Sichtweisen anders gewichtet, da ihre Analyse die Möglichkeit bietet, einzelne Denkvorgänge aufzudecken. Beide Theorien beschreiben eine sehr ähnliche Struktur des Wissensaufbaus. Dadurch, dass beide Theorien von einem aktiven, indivi-

duellen und selbstbestimmten Lernprozess ausgehen, der an vorhandenes Wissen anknüpft und in dem kognitive, situative, soziale und emotionale Aspekte berücksichtigt werden, sind diese beiden Theorien als konstruktivistisch zu bezeichnen.

Wenn BAUERSFELD von SEBs spricht, entspricht dies Konzepten in den Konzeptwechseltheorien, wobei er in diesem Zusammenhang eine differenziertere Beschreibung liefert. Er betont, dass sich für ein und denselben Inhalt je nach Kontext unterschiedliche Konzepte (SEBs) bilden können, die unterschiedlich weit entwickelt sein können. Entsprechend zu den Konzepten in der Theorie des Konzeptwechsels werden bestehende SEBs erweitert oder es bilden sich neue SEBs, die bestehende SEBs ablösen. Außerdem spricht BAUERSFELD genau wie die Vertreter der Konzeptwechseltheorie von einer Vernetzung der SEBs untereinander. Je nach Kontext werden unterschiedliche SEBs aktiviert.

Im Gegensatz zur Konzeptwechseltheorie betont er die situative Verankerung eines Konzepts (SEB) und erklärt damit, warum der Lernende eine strukturell gleiche Situation kontextabhängig „erfolgreich“ oder „nicht erfolgreich“ bearbeiten kann. So kann es für ein Kind einen Unterschied machen, ob es eine Waage beim Plätzchenbacken mit seiner Mutter verwendet oder aber in einer inszenierten Schulsituation. Für den Unterricht bedeutet dies, dass Lernen in alltagsnahen Situationen gut ist, diese verschiedenartigen Situationen müssen aber miteinander verknüpft werden, um SEBs verallgemeinern zu können und damit „wissenschaftlichere“ Konzepte zu erhalten. Das Modell der „Subjektiven Erfahrungsbereiche“ kann durch die Betonung der situativen Verankerung von Konzepten als eine spezialisierte Variante des Konzeptwechsels verstanden werden.

### 1.5 Unterricht aus konstruktivistischer Sicht

Welche Schlussfolgerungen für den Unterricht lassen sich aus den vorab dargestellten Grundlagen ziehen? Für einen Unterricht, der der pragmatisch moderat-konstruktivistischen Sichtweise des Lernens folgen will, ist es erforderlich, sich bewusst zu machen, wie man den verschiedenen Aspekten des Lernprozesses gerecht wird. Da die Präkonzepte der Schüler die Basis für den weiteren Lernweg bilden, müssen diese bei der Konzeption des Unterrichts beachtet werden. „Es ist zu berücksichtigen, von welchen Vorstellungen ausgegangen werden soll und wie von dort Schritt für Schritt zu den wissenschaftlichen Vorstellungen geleitet werden kann“ (DUIT 2002, 14). Dabei gibt es nach JUNG (vgl. JUNG 2004, 19) drei verschiedene Möglichkeiten, den Lernweg ausgehend von den Präkonzepten zu planen:

In dem Fall, dass sich Prä- und Zielkonzept nicht widersprechen, sondern das Zielkonzept sich bruchlos an das Präkonzept anschließen lässt, da es sich z. B. um eine inhaltliche Erweiterung des Präkonzepts handelt, kann der weitere Lernweg direkt an die Präkonzepte angeknüpft werden, ohne dass das Präkonzept überarbeitet werden muss.

In dem Fall, dass die beiden Konzepte miteinander kollidieren, ist es möglich, die Schüler mit der wissenschaftlichen Meinung zu konfrontieren, um dadurch einen kognitiven

Konflikt zu erzeugen, der die Schüler zur wissenschaftlichen Sicht führt. Dies kann entweder über die direkte Konfrontation der wissenschaftlichen Aussage mit den Präkonzepten erfolgen oder aber über Beispiele, wie z.B. Experimente, deren Ergebnis den Präkonzepten widerspricht. Wie oben (Kap. A 1.2) bereits erwähnt, besteht hierbei aber die Gefahr, dass die Schüler den kognitiven Konflikt gar nicht erkennen, da die Möglichkeit besteht, dass sie das Ergebnis des Experiments entsprechend ihren Präkonzepten anders deuten als vom Lehrer erwartet. Außerdem hat DUIT (vgl. DUIT 1993, JUNG 2004) gezeigt, dass Schüler ihre Präkonzepte nicht allein auf der Grundlage eines Versuchsergebnisses oder Beispiels ändern, das ihrem Präkonzept widerspricht; eher konstruieren sie ein neues Konzept, das dann neben dem vorhandenen alten besteht (vgl. hierzu auch Kap. A 1.2 (Konzeptwechsel) sowie Kap. A 1.3 (SEB-Modell)). Deswegen ist es wichtig, die Ergebnisse mit den Schülern zu reflektieren.

Die dritte von JUNG aufgeführte Variante besteht darin, dass der Lehrende versuchen kann, die Schüler dazu anzuregen, ihre Vorstellungen umzudeuten. Dies entspricht dem Versuch eines bruchlosen Wegs von einem eigentlich dem wissenschaftlichen Konzept widersprechenden Präkonzept zum wissenschaftlichen Konzept. JUNG nennt hierfür folgendes Beispiel:

„Viele Schüler haben die Vorstellung, ein Körper bewege sich aufgrund einer in ihm sitzenden 'Kraft'. Hier liegt es nahe, dem Schüler zu erklären, daß er damit durchaus eine physikalisch entwicklungsfähige Vorstellung habe, nur heißt das, was wir dem bewegten Körper zuschreiben nicht Kraft, sondern Impuls.“ (JUNG 2004, 19)

JUNG betont in diesem Zusammenhang, dass er hierunter nicht eine Umdeutung im sprachlichen Bereich versteht, bei der man den Ausdruck Kraft durch Impuls ersetzt, sondern dass es sich um eine Umstrukturierung im Denken handele, bei der die (in diesem Fall) physikalischen Bedeutungen von Kraft und Impuls einander gegenübergestellt werden. Bei dieser dritten Variante bleibt allerdings offen, inwieweit sich der in dem Beispiel vorgestellte Übergang wirklich so schnell und einfach in den Konzepten der Schüler vollziehen lässt.

Um den aktiven, selbständigen Wissensaufbau zu ermöglichen, ist es nötig, dass Lernumgebungen bereitgestellt werden, die den Schülern den Freiraum geben, sich eigenständig entdeckend das neue Wissen anzueignen<sup>10</sup>. Dabei ist es wichtig, dass es sich um eine möglichst authentische Lernumgebung handelt, die dem Lerninhalt einen Bedeutungskontext verleiht, so dass der Lernende das Wissen in einem bedeutungsvollen Kontext aufbauen und dadurch angemessen vernetzen kann. Wichtig ist außerdem, dass der Unterricht die Kommunikation und Auseinandersetzung mit anderen Denkwegen er-

---

<sup>10</sup> Die Methoden des *Entdeckenden Lernens*, des *Handlungsorientierten Unterrichts* sowie des *Situativen Lernens* bieten eine gute Möglichkeit, den Schülern Lernen auf vielfältigen Wegen zu ermöglichen.

möglichst und sogar vorsieht, so dass sich das Lernen in einem sozialen Kontext vollzieht.<sup>11</sup>

Die Rolle des Lehrers beinhaltet in einem Unterricht dieser Form die Bereitstellung von Lernumgebungen sowie die Funktion eines Lernbegleiters, der dem Schüler das Wissen nicht „eintrichtert“, sondern zwischen Lernstoff und Schüler vermittelt. Dabei liegt ein großer Schwerpunkt in der Reflexion des Lernweges sowie der Thematisierung des Wissenszuwachses, um zu bewirken, dass das neue Wissen sich gut verankert und angemessen umgesetzt werden kann. „Der Lernende steht im Mittelpunkt des Interesses, und der Lehrer kümmert sich um den Lernprozess des Schülers. (...) Hinsichtlich des Lernprozesses ist der Lehrer ein **Begleitender**. Er ist kein Leitender“ (KLEIN/ OETTINGER 2007, 144, Hervorhebung im Original).

Dabei ist es für den Lehrer wichtig, im Blick zu behalten, dass der Lernprozess nicht in die Beliebigkeit abdriftet. KLEIN und OETTINGER bezeichnen hier die Rolle des Lehrers als „Richtungsweisender“ (ebd., 148), was impliziert, dass der Lehrer durch Auswahl des Lerngegenstandes und der dem Lernziel und -inhalt angemessenen Lernumgebung sowie durch die Reflexion der entstehenden Konstrukte durchaus Einfluss auf den Lernprozess nimmt.

Zusammengefasst bedeutet dies, dass der Unterricht konstruktives, entdeckendes, situatives, soziales und kooperatives sowie selbstgesteuertes und unterstütztes Lernen ermöglichen muss, das an die bisherigen Konzepte anknüpft (vgl. MÖLLER 1999, 132ff.).

## 2 Mathematisch-physikalische Darstellung der Größe Gewicht

Im physikalischen Teilgebiet „Mechanik“ werden drei Basisgrößen unterschieden: Länge, Zeit und Masse. Jede dieser Größen wird durch eine Maßzahl und eine Maßeinheit beschrieben. Von den Maßeinheiten ist jeweils eine als Basiseinheit ausgezeichnet, für die Länge ist es der Meter (m), für die Zeit die Sekunde (s) und für die Masse das Kilogramm (kg). Diese Basiseinheiten sind durch das Internationale Einheitensystem für physikalische Größen (SI) festgelegt. Während sich die Basiseinheiten für Länge und Zeit mit mikrophysikalischen Vorgängen beschreiben lassen<sup>12</sup>, hat sich für die Masse bisher kein solcher Vorgang gefunden. Aus diesem Grund wird die Basiseinheit Kilogramm der Masse durch einen Normkörper definiert, das Urkilogramm. Es besteht aus einer Platin-Iridium-Legierung, entspricht in seiner Masse annähernd der von einem Liter Wasser bei 4°C und wird im Internationalen Büro für Maß und Gewicht bei Paris aufbewahrt. Ein Gramm ist 1/1000 kg, eine Tonne entspricht 1000kg.

---

11 Ausführliche Darstellungen konstruktivistischen Unterrichts finden sich bei DUBS (1995), KLEIN/ OETTINGER (2007), REICH (2000<sup>3</sup>), VOSS (2005).

12 Dies bedeutet, dass die Definitionen der Basisgrößen auf andere physikalische Prozesse zurückgreifen, so ist z. B. die Einheit Meter der Basisgröße Länge folgendermaßen definiert: „The metre is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of 1/299 792 458 of a second.“ ([http://www.bipm.org/en/si/si\\_brochure/chapter2/2-1/metre.html](http://www.bipm.org/en/si/si_brochure/chapter2/2-1/metre.html), Stand 12.8.2010).



Die Masse eines Körpers ist überall gleich, da die Menge des Materials, aus dem der Körper besteht, unabhängig vom Ort ist, an dem er sich befindet. Anders verhält es sich mit dem Gewicht, genauer: der Gewichtskraft. Während es sich bei der Masse um eine gravitationsunabhängige Objekteigenschaft handelt, hängt die Gewichtskraft eines Gegenstandes von der auf ihn wirkenden Gravitationsbeschleunigung ab. Auf der Erde ist dies die Erdbeschleunigung, die als Anziehungskraft auf den Körper wirkt. Dies hängt damit zusammen, dass sich die Massen zweier Körper gegenseitig anziehen (Gravitation); deutlich wahrnehmbar ist dies aber nur, wenn der eine Körper sehr viel größer ist als der andere. Allgemein gilt: die Kraft ( $F$ ), die ein Körper erfährt, ergibt sich aus dem Produkt seiner Masse ( $m$ ) und der Beschleunigung ( $a$ ), die auf ihn wirkt:

$$F = m \cdot a$$

Die Einheit für Beschleunigung ist  $\text{m/s}^2$ ; die der Kraft  $F$  wird in Newton (N) angegeben. Die mittlere Erdbeschleunigung beträgt  $9,81\text{m/s}^2$ . Auf einen Körper mit einer Masse von einem Kilogramm wirkt demnach folgende Gewichtskraft:

$$F = 1\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 = 9,81\text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = 9,81\text{N}$$

Die Gewichtskraft (das Gewicht) eines Körpers kann man z.B. wahrnehmen, wenn man ihn hoch hebt – dann muss man eine der Gewichtskraft entgegengesetzte Kraft ausüben.

Da die Gravitationsbeschleunigung aber eine ortsabhängige Variable ist, ist demnach auch die Gewichtskraft ortsabhängig. Dies bedeutet, dass z. B. das Gewicht einer Tafel Schokolade auf dem Mond nur ein Sechstel von dem Gewicht auf der Erde beträgt, da die Gravitationsbeschleunigung auf der Erde sechs mal so groß ist wie auf dem Mond. Die Masse der Tafel dagegen ist auf dem Mond und der Erde gleich. Die heutzutage gebräuchlichen Waagen – ausgenommen der Balken- und Tafelwaage – messen tatsächlich die Gewichtskraft, die sie in die Einheit Kilogramm oder Gramm umrechnen und als Ergebnis angeben. Damit sind diese Waagen auf den Messvorgang auf der Erde mit der entsprechenden Gewichtskraft geeicht, auf dem Mond eingesetzt erhielte man eine falsche Massenangabe. Das Wiegen mit einer Tafel- oder Balkenwaage, die zu der Gruppe der Hebelwaagen gehören, führt dagegen immer zu einer richtigen Angabe der Masse, da hier die Masse eines Körpers durch einen direkten Vergleich bestimmt wird, ohne dass ein Rückgriff auf die Gewichtskraft nötig ist.

Wie in der Einleitung bereits angesprochen, hat es sich umgangssprachlich durchgesetzt, dass vom Gewicht gesprochen wird, wenn die Masse gemeint ist. Diese Gleichsetzung ist aus wissenschaftlicher Sicht nicht korrekt. Richtigerweise müsste man entweder sagen: „ein Liter Milch hat eine Masse von ungefähr einem Kilogramm“, oder „ein Liter Milch hat ein Gewicht von ungefähr zehn Newton“. Entsprechend dem alltäglichen Sprachgebrauch wird aber auch in die BILDUNGSSTANDARDS für den Primarbereich der Terminus „Gewicht“ für „Masse“ verwendet (vgl. BILDUNGSSTANDARDS 2005, 11).

Deswegen wird im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls die Bezeichnung „Gewicht“ gewählt.

Gewichte sind neben Geldwerten, Zeitspannen, Längen, Flächen und Rauminhalten in der Grundschule dem mathematischen Bereich „Größen“ zugeordnet. Für die Größenbereiche gibt es verschiedene mathematische Darstellungsformen (vgl. FRENZEL/ GRUND 1991b, GRIESEL 1973, KIRSCH 1970); im deutschsprachigen mathematikdidaktischen Raum hat sich die Sicht von KIRSCH (1970) durchgesetzt, auf die im Folgenden eingegangen wird.

KIRSCH versteht unter einer Größe das Ergebnis eines Messvorgangs, bei dem es sich um einen Abstraktionsvorgang handelt, der auf eine Äquivalenzrelation zurückgeführt werden kann.

Man geht von gewissen *konkreten Objekten* aus und definiert hierfür eine *Äquivalenzrelation*. Diese bringt zum Ausdruck, in welchem Sinn man zwei Objekte als „nicht wesentlich verschieden“ ansehen will. Dann „vergißt“ man den Unterschied zwischen untereinander äquivalenten Objekten und interessiert sich nur noch für die (zu der betreffenden Äquivalenzrelation gehörenden *Klassen*. Dies sind die neu gewonnenen *abstrakten Objekte*. Diese haben, wie man sagt, die ursprünglichen, konkreten Objekte als „*Repräsentanten*“. (KIRSCH 1997, 256)

Eine Größe (S) wird angegeben mittels einer Maßzahl (z) und einer Maßeinheit (E):

$$S = z \cdot E,$$

wobei die Maßeinheit Auskunft darüber gibt, mit welcher Vergleichsgröße der Messvorgang erfolgt. „Für Größen ein- und derselben Art ist in natürlicher Weise eine Kleinerbeziehung < und eine Addition + gegeben, auf Grund des Vergleichens bzw. Zusammenfügens der betreffenden Gegenstände“ (KIRSCH 1997, 52). Ein Größenbereich ist dann eine Menge G von gleichen Größen a, b,... Auf dieser Menge G ist eine Verknüpfung „+“ definiert:

$$a, b \in G \rightarrow (a + b) \in G.$$

Diese Verknüpfung wird als Addition bezeichnet. Angewendet auf die Größe Gewicht heißt das, dass man die Gewichte zweier Gegenstände addieren kann und damit das Gewicht der beiden Gegenstände zusammen erhält.

Außerdem ist eine Relation „<“ definiert, mit der zwei Elemente aus der Menge G miteinander verglichen werden können in der Form, dass die Aussage  $a < b$  mit  $a, b \in G$  entweder wahr oder falsch ist. Diese Relation bedeutet bei Gewichten „leichter als“. Bezogen auf den Größenbereich Gewichte heißt das, dass man das Gewicht zweier Gegenstände miteinander vergleichen kann und dabei entweder zu der Aussage gelangt, dass der eine Gegenstand schwerer als der andere ist, dass sie gleich schwer sind oder dass der andere schwerer ist.

Es gelten in  $G$  verschiedene Gesetze:

$\langle G, +, < \rangle$  heiße ein Grenbereich genau dann, wenn die folgenden vier Aussagen gelten jeweils für beliebige  $a, b$  und gegebenenfalls  $c$ :

(Ass)  $a + (b + c) = (a + b) + c$  (Assoziativgesetz);

(Komm)  $b + a = a + b$  (Kommutativgesetz);

(Trich) stets gilt entweder  $a < b$  oder  $a = b$  oder  $b < a$  (Trichotomiegesetz);

(Lsb)  $a + x = b$  ist lösbar mit  $x \in G$  genau dann, wenn  $a < b$  (Lsbarkeitsgesetz).

(KIRSCH 1970, 43)

Vergleicht man also zwei Gegenstände hinsichtlich einer Größe, so setzt man sie in Relation zueinander. Mathematisch relevant sind dabei hier die Ordnungs- und Äquivalenzrelation.

Eine Ordnungsrelation  $R$  ist durch die Eigenschaften *Asymmetrie* ( $\neg (a R b \wedge b R a)$ ) und *Transitivität* ( $a R b \wedge b R c \rightarrow a R c$ ) gekennzeichnet. „Ist schwerer als“ und „ist leichter als“ sind Ordnungsrelationen im Grenbereich Gewichte.

Für eine Äquivalenzrelation  $\sim$  gelten die Eigenschaften *Reflexivität* ( $a \sim a$ ), *Symmetrie* ( $a \sim b \rightarrow b \sim a$ ) und *Transitivität* (s.o.). „Ist genauso schwer wie“ ist eine Äquivalenzrelation für die Größe Gewichte. Gegenstände, auf die diese Äquivalenzrelation zutrifft, lassen sich somit in eine Äquivalenzklasse einordnen, die Klasse der gleich schweren Körper (für die entsprechenden Beweise vgl. KIRSCH 1970, 12; 46).

Die Multiplikation innerhalb eines Grenbereichs ist nicht gegeben (Bsp.: Multipliziert man zwei Längen miteinander, gelangt man in einen neuen Grenbereich: Flächen). Allerdings lässt sich für die wiederholte Addition von Gren im Sinne der Vervielfachung folgende Operation definieren: „Für jedes  $n \in \mathbb{N}$  versteht man unter dem *n-fachen von A* die Größe  $n A := \underbrace{A + \dots + A}_n$  ( $n$  Summanden). Insbesondere setzt man  $1 A := A$ ;  $2 A := A + A$ “ (Kirsch 1997, 54).<sup>13</sup>

Dies bedeutet für den Grenbereich Gewichte, dass  $n A$  als das Gewicht eines Körpers aufzufassen ist, das dem Gewicht von  $n$  Körpern mit dem jeweiligen Gewicht  $A$  entspricht. Durch die Anwendung der Division  $A : n$  gelangt man analog zu  $n$  gleich schweren Teilkörpern. Für den Fall, dass es sich beim Gewicht des Körpers  $A$  um ein Vielfaches des Körpers  $B$  handelt, erhält man durch die Division  $A : B$  eine Zahl, die angibt, wie viele Körper  $B$  zusammen genauso schwer sind wie Körper  $A$ . Entsprechend

<sup>13</sup> Die Linearität der Addition gilt in vielen, aber nicht in allen Grenbereichen, so ist z. B. die Addition in der Dezibelskala der Akustik logarithmisch.

ist definiert: „Ein Größenbereich  $(G, +, <)$  besitzt die Teilbarkeitseigenschaft, falls die Gleichung  $n \cdot x = a$  für alle  $n \in \mathbb{N}$  und  $a \in G$  eine Lösung  $x$  in  $G$  besitzt“ (Griesel 1973, 57).

Die Nullgröße ist nach KIRSCH kein Element eines Größenbereichs; er greift hiermit die „volkstümliche(n) Auffassung [auf; D. R.], daß die Null keine Größe ist, mit der man rechnen kann, sondern eher ein Inbegriff für das ‚Nichts‘“ (KIRSCH 1997, 54). Er begründet dies damit, dass andernfalls die Gleichung  $A + X = B$  mit der Folgerung, dass dann auch  $A < B$  gilt, nicht erfüllt wäre, da bei der Hinzunahme der Null auch  $A = B$  gelte; und dies führt zum Widerspruch.

Neben KIRSCHS Formalisierung der Größen findet sich noch eine weitere für den didaktischen Umgang relevante Formalisierung, die von SCHMIDT und WEISER (1986) in Anlehnung an OSBORNE (1976) aufgestellt wurde. Dabei stellen sie fest, dass jede Größe Eigenschaften aufweist, für die sich Analogien im Zahlraum finden lassen: So wie es eine Schwerer-Relation bei Gewichten oder eine Länger-Relation bei Längen gibt, gibt es die Größer-Relation bei Zahlen. Entsprechend findet sich analog zu „gleich schwer“ oder „gleich lang“ die Gleichheit im Zahlraum. Gewichte lassen sich zusammen wiegen und Längen aneinander legen, was vergleichbar zur Addition im Zahlraum ist. Diese Analogien haben SCHMIDT und WEISER mit einer Maßfunktion formalisiert. In ihrer Definition bezeichnet  $R$  einen Repräsentantenbereich. Für Gewichte ist dies eine Menge von Gewichtsstücken; jedes Gewichtsstück ist ein Repräsentant aller Objekte mit identischem Gewicht:

Eine Maßfunktion  $\varphi : R \rightarrow \mathbb{R}^+$ , die jedem Repräsentanten aus  $R$  eine Maßzahl aus  $\mathbb{R}^+$  [positive reelle Zahlen; D.R.] zuordnet, wird charakterisiert durch folgende Eigenschaften:

$$\begin{array}{c} \bigwedge \\ r, s \in R \\ r \neq s \end{array} \quad \varphi(r \cup s) = \varphi(r) + \varphi(s) \quad \text{(Additivität);}$$

$$\begin{array}{c} \bigwedge \\ r, s \in R \end{array} \quad (r > s \leftrightarrow \varphi(r) > \varphi(s)) \quad \text{(Ordnungshomomorphie);}$$

$$\begin{array}{c} \bigwedge \\ r, s \in R \end{array} \quad (r \sim s \leftrightarrow \varphi(r) = \varphi(s)) \quad \text{(Kanonzität);}$$

$$\bigvee_{r_0 \in R} \varphi(r_0) = 1 \quad (\text{Existenz eines Einheitsrepräsentanten}).$$

(SCHMIDT/WEISER 1986, 123)

SCHMIDT und WEISER gehen davon aus, dass Kinder im Lernprozess Transfers zwischen den strukturellen Eigenschaften der Größe und dem Zahlraum herstellen, so dass Kenntnisse aus dem Zahlraum in die Größenbereiche übertragen werden und umgekehrt. Dies bezeichnen sie als ‚transfer within‘. Zum anderen sprechen sie von der ‚Möglichkeit des ‚transfer across‘, d.h. das Kind könnte strukturelle Eigenschaften, die es in einem Maßsystem erlernt hat, auf ein anderes Maßsystem übertragen“ (ebd., 125).

Diese Analyse der mathematischen und physikalischen Grundlagen dient dazu, den Größenbegriff unter fachlichen Gesichtspunkten zu beleuchten. Dabei wurde zunächst der Zusammenhang zwischen Masse und Gewichtskraft dargestellt, um die damit zusammenhängende Problematik der begrifflichen Verwendung herauszuarbeiten. Zudem wurde aufgezeigt, welche Analogien zwischen dem Rechnen mit Zahlen und dem Operieren mit Repräsentanten von Größen bestehen. Auf diese Analogien greift der Unterricht und auch der alltägliche Umgang mit Größen zurück und nutzt sie. Entsprechend grundlegend sind die aufgeführten Überlegungen auch für das zu entwickelnde Gewichtskonzept. So kann bei der Beschreibung der kindlichen Konzepte u.a. der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Strukturgleichheit vom Kind erkannt und angewendet wird.

### 3 Größen im Unterricht

Die BILDUNGSSTANDARDS im Fach Mathematik für den Primarbereich (2005) unterscheiden zwischen „allgemeinen mathematischen“ und „inhaltsbezogenen mathematischen“ Kompetenzen. Zu den allgemeinen mathematischen Kompetenzen gehören Argumentieren, Darstellen von Mathematik, Kommunizieren, Modellieren und Problemlösen. Die inhaltsbezogenen mathematischen Kompetenzen betreffen die elementarmathematischen Themen. Dabei ist die Behandlung der Größen der sogenannten Leitidee „Größen und Messen“ innerhalb der inhaltsbezogenen mathematischen Kompetenzen zugeordnet (vgl. BILDUNGSSTANDARDS im Fach Mathematik für den Primarbereich 2005, 8). Die erworbenen Kompetenzen sollen dazu beitragen, die Lebenswirklichkeit besser verstehen zu können, indem Mathematik und Lebenswirklichkeit zueinander in Beziehung gesetzt werden. Dies geschieht unter anderem durch die Auseinandersetzung mit mathematischen Sachverhalten in möglichst authentischen Situationen. Für die Leitidee „Größen und Messen“ sind die zwei Hauptziele *Aufbau von Größenvorstellungen* sowie *Umgang mit Größen in Sachsituationen* formuliert, die in folgende Unterpunkte aufgliedert sind:

### *Größenvorstellungen besitzen:*

- Standardeinheiten aus den Bereichen Geldwerte, Längen, Zeitspannen, Gewichte und Rauminhalte kennen,
- Größen vergleichen, messen und schätzen,
- Repräsentanten für Standardeinheiten kennen, die im Alltag wichtig sind,
- Größenangaben in unterschiedlichen Schreibweisen darstellen (umwandeln),
- im Alltag gebräuchliche einfache Bruchzahlen im Zusammenhang mit Größen kennen und verstehen.

### *mit Größen in Sachsituationen umgehen:*

- mit geeigneten Einheiten und unterschiedlichen Messgeräten sachgerecht messen,
- wichtige Bezugsgrößen aus der Erfahrungswelt zum Lösen von Sachproblemen heranziehen,
- in Sachsituationen angemessen mit Näherungswerten rechnen, dabei Größen begründet schätzen,
- Sachaufgaben mit Größen lösen. (ebd., 11)

Dabei spiegelt die Reihenfolge der Punkte nach SCHIPPER zum einen eine mögliche Abfolge in der unterrichtlichen Behandlung, zum anderen „auch die im Unterricht zu setzenden Prioritäten wider“ (SCHIPPER 2009, 231), wodurch insbesondere der Aufbau von Größenvorstellungen eine stärkere Gewichtung erhält. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass

„inhaltsreiche Vorstellungen über Größen (...) eine unabdingbare Voraussetzung dafür [sind, D. R.], sowohl eine gewisse Sicherheit im Umgang mit Größenangaben zu erlangen, als auch beim Lösen von Sachaufgaben die Resultate mit sinnvoller Genauigkeit anzugeben und unsinnige Ergebnisse als solche zu erkennen“ (GRUND 1992, 42).

Dass das nicht selbstverständlich ist, wird daraus ersichtlich, dass von Schülern auch sinnlose Aufgabenstellungen bearbeitet werden, ohne dass das Ergebnis hinterfragt wird. GRASSMANN legte die folgende Aufgabe sowohl Viertklässlern als auch Studenten vor: „Ein Eisenbahnzug hat 18 Wagen. Jeder Wagen wiegt 50kg. Zunächst waren 32 Personen im Zug. Dann steigen 5 Personen aus und später steigen 37 ein. Wie schwer ist der Zug?“ (GRASSMANN 2001a, 20). Alle Viertklässler und die meisten der Studenten berechneten 900kg als Ergebnis und stellten weder die Angaben in der Aufgabenstellung noch ihr Ergebnis in Frage. GRASSMANN führt dies darauf zurück, dass weder Kinder noch Erwachsene über adäquate Größenvorstellungen verfügen. Das führt dazu, dass Angaben in vorgegebenen Aufgabenstellungen nicht kritisch hinterfragt werden können.

Für den Aufbau von Größenvorstellungen ist es unerlässlich, dass Kinder bereits eine gute Zahlvorstellung entwickelt haben. Nur so können Kinder begreifen, was es heißt, dass **tausend** 1-Gramm-Gewichtssteine einem 1-kg-Gewichtsstein entsprechen. Kinder müssen also eine Vorstellung von Zahlverhältnissen aufbauen, um Größenangaben einordnen zu können.

Des Weiteren bilden Größenvorstellungen die Grundlage für einen angemessenen Schätzprozess, der ebenfalls als anzustrebende Kompetenz in den BILDUNGSSTANDS genannt wird (s.o.): Nur wer in der Lage ist, auf Stützpunktvorstellungen zurückzugreifen, kann die Länge, das Gewicht etc. eines Gegenstandes schätzen. Ohne diese Grundlage muss beziehungslos geraten werden. Um Stützpunktvorstellungen aufbauen zu können, müssen Messvorgänge mit Schätzaktivitäten verbunden werden. Gemeinsam mit den Kindern sollten Repräsentanten für die Standardgrößen 1g, 10g, 100g, 200g/250g, 500g, 750g sowie 1kg gefunden werden, auf die die Kinder dann beim Schätzprozess Bezug nehmen. Dabei sollte nach BÖNIG mit den Kindern erarbeitet werden, dass es sich beim Schätzen um das „Ermitteln einer ungefähren Größenangabe auf der Basis eines gedanklichen In-Beziehungsetzen“ (BÖNIG 2001, 43) handelt. Eine Schwierigkeit, die in diesem Zusammenhang auftritt, besteht darin, den Kindern deutlich zu machen, dass es nicht *das eine* richtige Schätzergebnis gibt, so wie eine Rechenaufgabe in der Regel nur genau eine Lösung hat. Stattdessen muss thematisiert werden, welche Situationen welchen Genauigkeitsgrad<sup>14</sup> erfordern, damit die Schüler in der Lage sind, die Güte ihrer Schätzergebnisse beurteilen zu können. Wichtig ist dabei das wechselseitige In-Beziehung-Setzen von Schätzergebnis und Wägeergebnis.

Eine weitere Schwierigkeit, die beim Schätzen von Gewichten auftritt, besteht in der Wahrnehmung von gefühlten Gewichten (z.B. beim Wiegen mit der Handwaage). Es gibt Gegenstände, bei denen der paarweise manuelle Vergleich durch das unterschiedliche Druckgefühl, das mit einer unterschiedlichen Auflagefläche der Gegenstände (z.B. Blatt Papier versus 1-Cent-Stück) zusammenhängt, zu einer Fehleinschätzung führen kann. Entsprechende Fehleinschätzungen können selbstverständlich auch bei Gegenständen mit einem relativ geringen Gewichtsunterschied auftreten. Die Kinder müssen also auch die Erfahrung machen, „dass der direkte Vergleich von Gewichten durch ‚Fühlen‘ nur sehr begrenzt möglich ist“ (GRASSMANN 2001a, 21) und daher der Rückgriff auf Balken- oder Tafelwaage für den objektiven direkten Vergleich nötig sein kann.<sup>15</sup>

---

14 In diesem Zusammenhang sollte mit den Schülern auch der „Genauigkeitsanspruch“ einer Waage hinterfragt und diskutiert werden.

15 Untersuchungen von WEBER Ende des 19. Jahrhunderts zur Wahrnehmbarkeitsschwelle haben gezeigt, dass durch manuellen Vergleich ein relativer Gewichtsunterschied von weniger als 5% nicht wahrnehmbar ist (vgl. BATSCHELET 1980, 137).

### 3.1 Die Klassische Stufenfolge am Beispiel der Größe Gewicht

Wie lässt sich die Erarbeitung der Größe Gewicht im Unterricht durchführen? Die Behandlung der einzelnen Größenbereiche erfolgt üblicherweise in Anlehnung an die Erarbeitung und Ausweitung des Zahlraums. Dies bedeutet, dass z.B. im zweiten Schuljahr die Einführung der Größe *Längen* mit den Einheiten Zentimeter und Meter erfolgt, da zu diesem Zeitpunkt im Zahlraum bis Hundert gearbeitet wird. Darauf aufbauend wird nach dem Spiralprinzip der Größenbereich *Längen* immer wieder aufgegriffen und entsprechend der Zahlraumerweiterung erweitert und vertieft (drittes und viertes Schuljahr: Millimeter und Kilometer). Dieses Vorgehen folgt der Auffassung von SCHMIDT und WEISER und greift die Möglichkeit des ‚transfer within‘ auf: Die Kinder können Transfers zwischen den strukturellen Eigenschaften der Größe und dem Zahlraum herstellen (vgl. Kap. A 2).

Die Einführung der Größe Gewicht erfolgt im dritten Schuljahr in Anlehnung an die Zahlraumerweiterung bis Tausend. Das besondere am Gewicht ist, dass es sich um eine Eigenschaft eines Körpers handelt, die anders als seine Länge oder sein Volumen nicht visuell wahrnehmbar ist. Diese Tatsache erfordert ein besonderes Augenmerk, da viele Kinder zu diesem Zeitpunkt noch in dem Denken behaftet sind, dass die Größe eines Gegenstandes eine hinreichende Entscheidungsgrundlage für einen Rückschluss auf das Gewicht darstellt.

Für die Einführung eines neuen Größenbereichs wird in der Literatur (vgl. STREHL 1979, RADATZ/ SCHIPPER 1983, RADATZ ET AL. 1998, KRAUTHAUSEN/ SCHEERER 2001, FRANKE 2003, FRANKE/ RUWISCH 2010<sup>2</sup>) die so genannte „Klassische Stufenfolge“ angeführt, wobei die Stufen in den verschiedenen Beiträgen unterschiedlich umfangreich sind. Inhaltlich lässt sie sich in den Kompetenzerwartungen der Bildungsstandards wiederfinden. Das Ziel der didaktischen Stufenfolge ist es, sich den Größenbereich Schritt für Schritt zu erarbeiten. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Stufenfolge

ein *Abstraktionsprozess* zugrunde [liegt, D.R.], der den kulturhistorischen Entwicklungsprozess im Laufe der Menschheitsgeschichte widerspiegelt. Diese kulturgeschichtliche Entwicklung soll sich als individuell-kognitive *Entwicklung beim Kinde* wiederholen. (FRANKE 2003, 195)

Die Klassische Stufenfolge umfasst nach RADATZ und SCHIPPER (1983) folgende Stufen:

1. Erste Erfahrungen in Sach- und Spielsituationen,
2. direkter Vergleich von Repräsentanten einer Größe,
3. indirekter Vergleich mit Hilfe willkürlicher Maßeinheiten,
4. erkennen der Invarianz einer Größe,
5. indirekter Vergleich mit Hilfe standardisierter Maßeinheiten,
6. Entwicklung einer Vorstellung der standardisierten Einheitsgrößen,



7. messen mit technischen Hilfsmitteln,
8. verfeinern und Vergrößern mit Maßeinheiten,
9. rechnen mit Größen. (RADATZ/ SCHIPPER 1983, 125)

Diese ausführliche Folge ist nach RADATZ ET AL. (vgl. ebd., 170) als Orientierung bei der Einführung und Behandlung eines neuen Größenbereichs zu verstehen. Sie weisen darauf hin, dass eine kleinschrittige Befolgung der Stufen nicht zwingend ist. Stattdessen sprechen sie von fließenden Übergängen zwischen den Stufen und sehen ihren Nutzen in der Begriffsbildung, da hierdurch eine Bewusstheit für nötige Aspekte entsteht. „Die Stufenfolge ist als heuristische Strategie zu verstehen, von der bei Bedarf abgewichen werden kann, und aus der sich sowohl Konsequenzen für den Unterricht als auch unterrichtliche Ideen entwickeln können“ (ebd., 170).

Wendet man die Klassische Stufenfolge auf die Größe Gewicht an, so sind folgende Aspekte in den einzelnen Stufen denkbar:

- (1) **Erfahrungen in Sach- und Spielsituationen sammeln:** Die Schüler kennen Waagen und Gewichtsangaben aus ihrem Alltag (Körpergewicht, Einkaufen, Kuchen backen, Wippe auf dem Spielplatz etc.). Diese Erfahrungen werden gesammelt und thematisiert.
- (2) **direkter Vergleich von Repräsentanten:** Die Schüler werden dazu angeregt, verschiedene Gegenstände bezüglich ihres Gewichts miteinander zu vergleichen. Hierzu bieten sich besonders Gegenstände aus dem Klassenzimmer wie Schultornister, Hefte, Bücher, Schwamm und Stifte an; es kann zudem initiiert werden, Gegenstände des Alltags von zu Hause mitzubringen. Bei vielen Gegenständen werden die Schüler unter Einsatz der Handwaage<sup>16</sup> eine eindeutige Antwort auf die Frage erhalten, welcher Gegenstand der schwerere ist; es wird aber auch Vergleichspaare geben, bei denen diese Entscheidung auf der Grundlage eines manuellen Vergleichs nicht getroffen werden kann. Dies führt dazu, dass die Kinder die Notwendigkeit erkennen, eine Waage einzusetzen. Hierfür eignen sich insbesondere die Balken- sowie die Tafelwaage<sup>17</sup>, da bei diesen beiden Waagentypen der Vorgang des Vergleichens offensichtlich ist.
- (3) **indirekter Vergleich mit nicht-standardisierten Maßeinheiten:** An die beim direkten Vergleich gewonnenen Erfahrungen schließen sich Wägevorgänge mit einem indirekten Vergleich mit selbst gewählten Maßeinheiten an. Hierfür werden oftmals Nägel, Steckwürfel o. ä. vorgeschlagen (vgl. RADATZ ET AL. 1999, 231).

16 Die Handwaage dient dazu, zwei Gegenstände bzgl. ihres Gewichtes manuell miteinander zu vergleichen. Dabei werden die Hände als Waagschalen genutzt, um die Gewichtsunterschiede zu „spüren“.

17 Es bietet sich in diesem Zusammenhang an, die Schüler eine so genannte Bügelwaage bauen zu lassen. Bei der Bügelwaage, die das Prinzip der Balkenwaage vollzieht, werden an die beiden Seiten eines Kleiderbügels jeweils ein Joghurtbecher oder Gemüseplastikbeutel gehängt, die dann als Waagschalen fungieren.

- (4) **Erkennen der Invarianz einer Größe:** Mit den Kindern wird erarbeitet, dass sich z.B. das Gesamtgewicht eines Kuchens oder eines Apfels durch das Zerteilen in einzelne Stücke nicht verändert. Außerdem kann man, entsprechend zu PIAGETS Aufgaben (vgl. Kap. A 4.1), Knetkörper verformen und zerteilen.
- (5) + (7) **indirekter Vergleich mit standardisierten Maßeinheiten/ Messen mit technischen Geräten:** Den Schülern werden viele verschiedene Waagentypen<sup>18</sup> zur Verfügung gestellt, so dass vielfältige Erfahrungen beim praktischen Umgang mit den unterschiedlichen Waagen ermöglicht werden. Die Funktionsweisen und Unterschiede der einzelnen Waagen werden erarbeitet. Die Schüler erhalten die Gelegenheit, viele Wägevorgänge durchzuführen. Der Gewichtssatz einer Tafel- oder Balkenwaage kann für die Einführung der Einheiten Gramm und Kilogramm herangezogen werden, außerdem muss die Funktion von Gewichtssteinen geklärt werden. Es bietet sich z.B. an, mit Hilfe des 1kg-Steins Gegenstände zu suchen, die (ungefähr) ein Kilogramm wiegen. Außerdem sollte die Tafel- oder Balkenwaage genutzt werden, um den Kindern den Vorgang des Messens als Vergleichsvorgang bewusst zu machen.

Es kommt oft vor, dass bei verschiedenen Waagen unterschiedliche Gewichtsangaben für den gleichen Gegenstand angezeigt werden. Dies muss mit den Schülern thematisiert werden. Die Schüler werden dazu angeleitet, den abgelesenen Ergebnissen nicht im Sinne einer „Technikgläubigkeit“ blind zu vertrauen, vielmehr sollen sie ein kritisches Bewusstsein dafür entwickeln, ob das angezeigte Ergebnis sinnvoll ist. In diesem Zusammenhang ist auch der Aufbau von Stützpunktvorstellungen, die die Grundlage für einen angemessenen Schätzprozess darstellen, ein wichtiger Bestandteil des Unterrichts.

- (6) **Entwicklung einer Vorstellung der standardisierten Einheitsgrößen:** Bei den Kindern sollte der Aufbau von Größenvorstellungen angebahnt werden, um auf diese in Schätzprozessen zurückgreifen zu können. Dafür ist es zum einen nötig, zu Standardeinheiten Repräsentanten zu kennen, zum anderen bei alltäglichen Gegenständen zu wissen, wie schwer sie sind. Dem handelnden Umgang mit den Gegenständen, bei dem das jeweilige Gewicht erfahren wird, kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu.
- (8) + (9) **Verfeinern und Vergrößern mit Maßeinheiten/ Rechnen mit Größen:** Für das Rechnen mit Gewichtsangaben ist es nötig, dass die Schüler das sichere Umwandeln von einer Maßeinheit in eine andere beherrschen. Hier wird mit den Schülern auch thematisiert, für welche Größenordnung welche Maßeinheit sinnvoll ist: So kann z. B. erörtert werden, ob man das Gewicht eines Radiergummis sinnvollerweise in Gramm oder in Kilogramm angibt. Das Rechnen mit Gewichts-

---

<sup>18</sup> z.B. Personenwaage, verschiedene analoge und digitale Küchenwaagen, Briefwaage, Federwaage, Balkenwaage

angaben wird in Sachsituationen eingebettet, so dass sich den Schülern der Bezug zur Lebenswirklichkeit erschließt. Hierbei bieten sich Rückgriffe auf Einkaufssituationen, auf den Inhalt des Schultornisters, auf das Verschicken eines Päckchens etc. an.

### 3.1.1 Elemente der Klassischen Stufenfolge in Schulbüchern

Da der Mathematikunterricht in der Regel den Vorgaben eines Schulbuches folgt, soll hier der Frage nachgegangen werden, inwieweit sich in aktuellen Schulbüchern<sup>19</sup> Aspekte der Stufenfolge für die Erarbeitung der Größe Gewicht finden (vgl. hierzu auch Abschnitt zur Kritik am Modell der Klassischen Stufenfolge, S. 32). Nach einer Einstiegsituation in Form von einstimmenden Bildern wird – mit Ausnahme des „Zahlenbuchs“ – in allen betrachteten Schulbüchern zunächst der direkte Vergleich von Gegenständen thematisiert (2. Stufe), teilweise direkt unter Einsatz einer Balken- oder Tafelwaage, teilweise durch die Handwaage. Nur in einem Schulbuch (Leonardo 3) findet sich eine Aufgabenstellung zum indirekten Gewichtsvergleich mit nicht-standardisierten Maßeinheiten, die anderen Schulbücher verzichten auf diese dritte Stufe. Das „Zahlenbuch“ verzichtet sowohl auf den direkten als auch auf den indirekten Gewichtsvergleich mit nichtstandardisierten Maßeinheiten und beginnt stattdessen direkt mit der Gewichtsbestimmung mit Hilfe der Tafelwaage und eines Gewichtssatzes. Bei diesem Buch liegt der Schwerpunkt im Einsatz verschiedener konventioneller Waagen und dem Umgang mit Gewichtsangaben in Alltagssituationen (z. B. Belastbarkeit eines Aufzugs).

Die Wahl der Alltagssituationen, in die Sachaufgaben eingebettet werden, reicht von der Thematisierung des Schultornistergewichts über den Kontext „Lebensmittel“ bis hin zu der Auseinandersetzung mit Futtermengen bei Zootieren. Aber auch bei der Behandlung anderer Themen wie Zuckeranteile in Lebensmitteln oder dem Verhältnis von Körpergröße und -gewicht in der kindlichen Entwicklung erfolgt eine explizite Auseinandersetzung mit der Größe Gewicht. Einige Schulbücher schlagen (Standard-)Repräsentanten vor, um den Aufbau von Größenvorstellungen zu unterstützen.

Die meisten Schulbücher orientieren sich also im Aufbau ihres Lehrgangs zur Größe Gewicht an der Klassischen Stufenfolge orientieren, wobei die dritte Stufe, die den indirekten Vergleich von nicht-standardisierten Maßeinheiten umfasst, meistens ausgespart wird (vgl. Kritik, S. 32). Ein großer Schwerpunkt wird dagegen auf die Behandlung von Alltagssituationen gelegt, um den Schülern den Bezug zu ihrer Lebenswirklichkeit zu verdeutlichen und dadurch der Thematik einen Bedeutungshintergrund zu geben. Dies erhöht aus konstruktivistischer Sicht den Lernerfolg.

<sup>19</sup> Das Zahlenbuch 3 (2005), Klett/ Leonardo 3 (2001), Diesterweg/ Welt der Zahl 3 (2004), Schroedel/ Zahlenzauber 3 (2005), Oldenbourg

### 3.2 Kritik am Modell der Klassischen Stufenfolge

In den letzten Jahren wurden vermehrt Stimmen laut, die die Behandlung der Größenbereiche auf der Grundlage der Klassischen Stufenfolge kritisieren. Diese Kritik bezieht sich vielfach auf die Kleinschrittigkeit, in der sich die Erarbeitung einer Größe demnach vollzieht. Der Unterrichtsinhalt wird hier organisiert „durch Übersetzung der Fachstruktur in eine methodisch gestufte Folge ‚kleiner und kleinster Schritte‘, die unter ‚Isolierung der Schwierigkeiten‘ ‚vom Leichten zum Schweren‘ und ‚vom Einfachen zum Zusammengesetzten‘ durchlaufen wird“ (WITTMANN 1995, 13). Dieses Vorgehen widerspricht einem Lernen aus konstruktivistischer Sicht, da der Lehrgang weder an die Vorkenntnisse (Präkonzepte) der Schüler zur jeweiligen Größe anknüpft noch sich am Lernweg des Einzelnen orientiert. Stattdessen geht man davon aus, dass die Kinder ein eigenes Messverständnis aufbauen sollen, indem sie die kulturgeschichtliche Entwicklung der Maßsysteme in vorgegebenen Schritten selbst durchlaufen. Nach WINTER ist es „allerdings Krampf, wenn man glaubt, man müsse in der Schule das Messen gemäß der geschichtlichen Genese ab ovo entwickeln; die Kinder haben doch schon Erfahrungen mit Metern, Sekunden und Kilogramms usw.“ (WINTER 1992, 17).

SCHIPPER weist in der überarbeiteten Neuauflage des Handbuchs für den Mathematikunterricht an Grundschulen (2009) ebenfalls darauf hin, dass die Einhaltung einer Stufenfolge bei der Erarbeitung eines Größenbereichs aus konstruktivistischer Sicht nicht haltbar ist. Er gibt stattdessen eine Auflistung inhaltlicher Bereiche an, die seiner Meinung nach im Unterricht eine Rolle spielen sollten, um den jeweiligen Größenbereich in den verschiedenen Dimensionen erarbeiten zu können und nimmt damit Abstand davon, diese Bereiche in einer zeitlichen Abfolge zu erarbeiten (vgl. SCHIPPER 2009, 231).

Ein großer Schwerpunkt der Klassischen Stufenfolge liegt auf dem Vorgang des Messens in Form des indirekten (Gewichts-)Vergleichs mit nicht-standardisierten und standardisierten Maßeinheiten, um bei den Schülern ein Bewusstsein für diesen Vergleich und damit den Vorgang des Messens zu schaffen. Allerdings belegen Untersuchungen, dass gerade beim Messen mit nicht-standardisierten Maßeinheiten Fehlvorstellungen bei den Schülern entstehen können. So kommen BRAGG und OUTHRED (2000) bei einer Studie zum Wissen über Längeneinheiten zu dem Ergebnis, dass durch das Auszählen von „willkürlich gewählten“ Maßeinheiten beim Messen bei den Schülern die Wahrnehmung so stark auf den Zählprozess gelenkt wird, dass die damit verbundene Wahl einer Einheit und deren Bedeutung nicht ausreichend berücksichtigt wird. PETER-KOOP (2001) merkt in diesem Zusammenhang an, dass oftmals auch nicht (ausreichend) thematisiert werde, wie damit umzugehen ist, wenn sich beim Messvorgang herausstellt, dass der auszumessende Gegenstand kein ganzzahliges Vielfaches der gewählten Einheit darstellt. In diesem Fall muss mit den Kindern eine systematische Unterteilung der Einheit erarbeitet werden, da es sich hierbei um einen grundlegenden Aspekt beim Messvorgang handelt. Außerdem belegen Studien zur Längenmessung (BOULTON-LEWIS 1987, NUNE ET

AL. 1993), dass die meisten Kinder bereits vor einer unterrichtlichen Behandlung aufgrund außerschulischer Erfahrungen mit einem Lineal umgehen können. Aus diesen Ergebnissen schließen Kritiker, dass die Stufe des indirekten Vergleichs mit nicht-standardisierten Maßeinheiten nicht zu einem tieferen Verständnis des Messvorgangs beiträgt und sogar dazu führen kann, dass bei den Kindern falsche Vorstellungen entstehen.

FRANKE formuliert deswegen explizit auch für den Größenbereich Gewichte, dass das Vergleichen

mit selbstgewählten Maßeinheiten (...) im 3. Schuljahr nicht erforderlich [ist; D. R.], da die Kinder bereits Kilogramm und Gramm als Maßeinheiten kennen. Deshalb sollte an das Vergleichen mit der Tafelwaage das Wiegen mit Hilfe von Gewichtssteinen angeschlossen werden (FRANKE 2003, 223f.).

Die von FRANKE angeführten Untersuchungsergebnisse betreffen jedoch alle den Größenbereich Längen; zum Größenbereich Gewichte liegen derzeit keine vergleichbaren Ergebnisse vor. Fraglich ist demnach, inwieweit die Schlussfolgerung von FRANKE angebracht ist, diese Ergebnisse auf andere Größenbereiche mit ihren jeweiligen Besonderheiten zu übertragen. Während bei der Größe Länge das Vergleichen beim Messvorgang in jedem Fall offensichtlich durchgeführt wird – die Kinder also auch entsprechende Vorkenntnisse mitbringen –, vollzieht sich bei der Größe Gewicht der Vorgang des Messens in der Wahrnehmung der Kinder aber nicht als offensichtlicher Vergleich, da die heutzutage gebräuchlichen Küchenwaagen, Personenwaagen, Briefwaagen u. ä. den Messvorgang über eine nicht sichtbare interne Konstruktion durchführen. Der Messende bekommt in den meisten Fällen einfach nur noch eine digitale Zahl „ausgespuckt“, die abgelesen werden muss. Aus diesem Grund erscheint es in jedem Fall sinnvoll, einen großen Schwerpunkt auf den indirekten Vergleich mit Hilfe einer Balken- oder Tafelwaage zu legen, so dass den Kindern der Vergleichsvorgang des Messens deutlich wird. Ob die Wahl von nicht-standardisierten Maßeinheiten dabei zu Schwierigkeiten bei den Kindern führt, hängt meiner Meinung nach stark davon ab, inwieweit die jeweiligen Handlungssituationen mit den Kindern anschließend im Unterrichtsgespräch aufgearbeitet werden.

Betrachtet man die angeführten Kritikpunkte vor dem Hintergrund der Schulbuchanalyse, so ist festzustellen, dass abgesehen von einem Schulbuch alle zwar auf die dritte Stufe der Klassischen Stufenfolge verzichten, in ihrem grundsätzlichen Aufbau bei der Erarbeitung der Größe Gewicht aber dem Ablauf der Stufenfolge entsprechen. Eine chronologische Bearbeitung der Schulbuchseiten widerspricht einem konstruktivistischen Lernbegriff, der davon ausgeht, dass jeder Schüler neues Wissen in Korrespondenz zu seinen Vorkenntnissen aufbaut. Ein vorgeplanter Lehrgang wird diesem Lernbegriff höchstens zufällig gerecht. Die Lehrkraft sollte die entsprechenden Schulbuchseiten als Materialsammlung und Anregung für die Erarbeitung des Größenbereichs sehen.

Unabhängig davon muss der Lehrkraft bewusst sein, dass nur der handelnde Umgang und die aktive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff bei Kindern zu einem dauerhaften und vernetzten Wissenszuwachs führt. Dies bedeutet für die Erarbeitung der Größe Gewicht, dass die Schüler ausreichend Gelegenheit erhalten müssen, eigene Wäge- (und Schätz-)Erfahrungen zu machen. Hierfür gibt es vielfältige Unterrichtsvorschläge, die die Anregungen aus dem Schulbuch ergänzen und ein Lernen im Sinne des Entdeckenden Lernens in Form von Werkstattlernen vorschlagen.<sup>20</sup> Dabei ist darauf zu achten, dass die Schülerhandlungen sich nicht in einem „blinden Aktionismus“ verlaufen, sondern durch vielfältige Unterrichtsgespräche aufgegriffen, hinterfragt und dadurch vertieft werden.

Für die vorliegende Arbeit dient die Auseinandersetzung mit dem Aufbau der unterrichtlichen Behandlung der Größe Gewicht der angestrebten Entwicklung eines Gewichtskonzepts. Hierbei kann insbesondere auf die Aufgliederung in Einzelbereiche, wie sie in der (klassischen) Stufenfolge sowie den Bildungsstandards zu finden sind, zurückgegriffen werden, da bei der Beschreibung des Gewichtskonzepts dieses ebenfalls in einzelne Komponenten aufgeteilt wird. Dadurch wird versucht, die Vielschichtigkeit eines Gewichtskonzept verdeutlichen und beschreiben zu können.

## 4 Untersuchungen zum Denken von Kindern zur Größe Gewicht

### 4.1 Piaget

Der Psychologe PIAGET (1896-1980) hat sein Forschen der kognitiven Entwicklung von Kindern gewidmet. Er ging der Frage nach, ob und inwieweit sich allgemeine Strukturen in Lernprozessen finden und wie sich diese beschreiben lassen. PIAGET geht davon aus, dass es sich beim Lernen um einen aktiven Prozess des Individuums in der Auseinandersetzung mit seiner Umwelt handelt. Er vertritt also eine Sicht von Lernen, die sich als konstruktivistisch bezeichnen lässt, und distanziert sich damit von der vor allem in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts etablierten behavioristischen Sichtweise des Lernens im Sinne der Konditionierung und des reinen Wissenstransfers. VON GLASERSFELD beruft sich bei der Entwicklung des Radikalen Konstruktivismus‘ an vielen Stellen auf PIAGET<sup>21</sup> und bezeichnet ihn selbst als „Pionier der konstruktivistisch ausgerichteten Kognitionsforschung“ (VON GLASERSFELD 1996, 100).

Nach PIAGET ist der Lernprozess dadurch gekennzeichnet, dass der Lernende stets versucht, ein Gleichgewicht zwischen seiner internen Konstruktion und den von ihm (neu) wahrgenommenen Aspekten der Umwelt herzustellen, was PIAGET als Adaption bezeich-

---

20 z.B. FANSELAU-PREIS (2002): Wiegen und Gewichte – eine Werkstattarbeit; SAAS (2004): Gewichte. Handlungsorientierte Materialien mit Kopiervorlagen.

21 Vgl. hierzu VON GLASERSFELD (1996), u.a. 98ff.

net. Dabei unterscheidet er zwei kognitive Prozesse, in denen sich diese Adaption und somit Lernen vollzieht: Akkomodation und Assimilation. Während beim Lernen durch Akkomodation ein kognitives Schema an die äußeren Gegebenheiten angepasst wird, werden bei der Assimilation neue Informationen so weit „verändert“ (so interpretiert), dass sie in bereits vorhandene kognitive Strukturen passen.

PIAGET hat ein Stufenmodell<sup>22</sup> entwickelt, nach dem sich seiner Ansicht nach die kognitive Entwicklung vollzieht. Dabei ist die Abfolge der Stufen invariant, da die jeweils vorangegangene Entwicklungsstufe die Voraussetzung für die nächstfolgende bildet und diese vorbereitet. PIAGET vertritt die Ansicht, dass Kinder immer nur jeweils die Inhalte lernen können, die mit der gerade aktuellen Stufe der kognitiven Entwicklung kompatibel sind.<sup>23</sup> Nach der dadurch entstehenden hierarchischen Struktur

schreitet die Entwicklung der Intelligenz ausgehend von der Handlungsebene (sensomotorische Intelligenz) über das anschauliche Denken zur symbolischen Repräsentation fort, die sich dann in einen konkreten und in einen formalen Typ untergliedern lässt (ZUR OEVESTE 1987, 13).

Einige von PIAGETS Untersuchungen beziehen sich auf bestimmte Aspekte der Größe Gewicht:

1. Invarianz des Gewichts
2. Verhältnis von Dichte und Gewicht
3. additive Kompositionen der Gewichtsungleichheiten sowie der Gewichtsäquivalenzen

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im Folgenden zusammengefasst.

##### **4.1.1 Untersuchungen zur Invarianz des Gewichts**

PIAGET führte zusammen mit INHELDER eine Vielzahl an Versuchen zur Invarianz des Gewichts durch. Diese Versuche standen im Zusammenhang mit Untersuchungen zur Invarianz der Substanz sowie des Volumens, da sie hier eine aufeinander aufbauende Entwicklung vermuteten. So hat sich gezeigt, dass die Erkenntnis über die Invarianz der Substanz die Voraussetzung darstellt, um die Invarianz des Gewichts erkennen zu können (vgl. PIAGET/ INHELDER 1975, 17). Die folgende Übersicht stellt die Stufen des Erreichens der einzelnen Invarianzerkenntnisse sowie die Stellung der Invarianz des Gewichts dar:

---

<sup>22</sup> Für einen Überblick über die fünf Stufen der kognitiven Entwicklung s. MIETZEL (2002<sup>4</sup>); MONTADA (2002<sup>5</sup>).

<sup>23</sup> s. u. Abschnitt zu *Kritik an Piagets Untersuchungen* (S. 42)

Alter	Stadium					
	I	Nichterhaltung der Substanz		Nichterhaltung des Gewichts		Nichterhaltung des Volumens
	II A	Übergangsreaktion zwischen Nichterhaltung und Invarianz der Substanz				
8-10 Jahre	II B	Invarianz der Substanz	III A			
				Übergangsreaktion zwischen Nichterhaltung und Invarianz des Gewichts		
10-12 Jahre				Invarianz des Gewichts		
			III B		IV A	Übergangsreaktion zwischen Nichterhaltung und Invarianz des Volumens
11-12 Jahre					IV B	Invarianz des Volumens

### Tonkugelaufgabe

Den Kindern wird eine geformte Tonkugel vorgelegt. Anschließend werden sie gebeten, ebenfalls eine Tonkugel zu kneten, die in Größe und Gewicht der vorgegebenen Tonkugel entsprechen sollte. Wenn dies geschehen ist, wird die eine der beiden Kugeln verformt (lange Rolle, flache Platte, Zerteilung in einzelne Stücke) und das Kind gefragt, „ob die beiden Kugeln noch dasselbe Gewicht, dieselbe Menge an Materie, dasselbe Volumen usw. haben“ (ebd., 40). Dabei ist das Kind aufgefordert, seine Meinung zu begründen. Problematisch an dieser Aufgabe ist die sich an die Verformung anschließende Formulierung, „*die beiden Kugeln*“ hinsichtlich gewisser Eigenschaften miteinander zu vergleichen, da zu diesem Zeitpunkt die eine Kugel durch die durchgeführte Verformung keine Kugelform mehr hatte. Hier stellt sich daher die Frage, ob diese Formulierung bei den Kindern zu Unsicherheiten geführt haben kann<sup>24</sup>.

**Nichterhaltung des Gewichts (II B):** Kinder im Stadium II B erkennen die Invarianz der Substanz bei der Verformung einer der beiden Kugeln an, sie schließen daraus aber nicht, dass sich diese Invarianz auch auf das Gewicht übertragen lässt. So erklärten bei PIAGETS Versuchen die meisten Kinder, deren Entwicklung sich diesem Stadium zuordnen ließ, dass die Kugel im Falle der Umformung zu einer Rolle leichter wird (vgl. ebd., 67), jedoch entsprechen sich in beiden Entscheidungsfällen interessanterweise die ange-

<sup>24</sup> Vgl. hierzu *Kritik an Piagets Untersuchungen* (S. 42)



führten Begründungen, dass „die Rolle mehr ‚langgestreckt‘ ist (...), ‚länger‘ (...) oder ‚dünner‘ (...) ist, während die Kugel ‚rund‘ ist (...), ‚als Kugel‘ (...), ‚mehr zusammengedrückt‘ (...) oder ‚dicker‘ (...) oder ‚ein Block‘ (...)“ (ebd., 68). Daran wird deutlich, dass die Kinder ihre Wahrnehmung unterschiedlich deuten. In dem einen Fall bedeutet für das eine Kind, dass wenn der Ton ‚mehr zusammengedrückt‘ ist, der entsprechende Gegenstand schwerer sein müsse; ein anderes Kind schließt daraus, dass der gleiche Gegenstand deswegen jetzt leichter sein müsse.

Das Gewicht wird also begriffen in Abhängigkeit von den subjektiven Eindrücken, die es hervorruft, und diese werden selbst auf die Waagschale projiziert, als ob sie anders reagiere, je nach der Art des räumlichen Kontaktes zwischen den zu wiegenden Objekten und den Schalen, auf die sie gelegt werden. Das Gewicht ist also noch keine objektive Relation; es ist eine Aktivität, die in Abhängigkeit von der Muskelerfahrung begriffen wird und deren Manifestationen für variabel gehalten werden je nachdem, wie sie auf die Vp [Versuchsperson; D.R.] treffen. (ebd., 73)

Bei der Teilaufgabe, in der die eine Kugel in Einzelteile zerteilt wird, erfolgt ebenfalls die Gewichtsentscheidung in beide Richtungen, wobei nach PIAGET häufiger die noch vorhandene Kugel für schwerer gehalten wird. „Ebenso wird der Käse im allgemeinen als schwerer aufgefasst, wenn er nicht gerieben ist“ (ebd., 73).

**Übergangsreaktionen zwischen der Nicht-Erhaltung und der Invarianz des Gewichts (III A):** Kinder, die sich in diesem Stadium befinden, schwanken in ihrer Entscheidung während des Begründungsprozesses hin und her. Der kognitive Konflikt wird dadurch hervorgerufen, dass das Kind auf der einen Seite noch weiterhin zu den Kriterien der Entscheidungsfindung im vorherigen Stadium tendiert, dabei aber von einem sich entwickelnden Invarianzverständnis beeinflusst wird.

**Invarianz des Gewichts (III B):** In diesem Stadium erkennen die Kinder schließlich die Invarianz des Gewichts und begründen diese damit, dass sich bei der Veränderung der Form das Gewicht nicht ändert, da die Gesamtmenge konstant bleibt. Die Argumentationslinie in diesem Stadium baut also auf der schon vorhandenen Erkenntnis der Invarianz der Substanz auf.

#### ***Zuckeraufgabe***

Bei diesem Versuch werden zwei Gläser vor das Kind gestellt, die bis zur gleichen Höhe mit Wasser gefüllt sind. In das eine Glas werden nun mehrere Zuckerstückchen gegeben. Der damit verbundene steigende Wasserspiegel wird mit den Kindern thematisiert und markiert. Ebenso wird das Gewicht der gefüllten Wassergläser sowohl ohne als auch mit Zuckerstückchen bestimmt. Nun werden die Kinder gefragt, wie sich der Wasserspiegel bzw. das Gewicht verhalte, wenn der Zucker sich auflöst.

Die Ergebnisse dieses Versuches decken sich mit den bei der Tonkugelaufgabe aufgezeigten Stadien (vgl. ebd., 119). In den Stadien I, II A und II B vertreten alle Kinder die Ansicht, dass das Gewicht wieder abnimmt, wenn sich der Zucker auflöst. Im Stadium III A sind die Kinder hin und her gerissen und geraten in den kognitiven Konflikt, zu entscheiden, ob der aufgelöste Zucker immer noch ein Gewicht hat oder nicht. Im Stadium III B sind die Kinder dann alle in der Lage, die Invarianz des Gewichts zu erkennen. Auch bei dieser Aufgabe erfolgt die Begründung ausnahmslos über die Invarianz der Substanz: „Alle die kleinen Körner, wenn man sie zusammentut, machen das Stück aus“, woraus er [der Junge, D. R.] den Schluß zieht: „Es ist immer noch dasselbe Gewicht“ (ebd., 160). Dies sieht PIAGET als Bestätigung dafür, dass die Erkenntnis der Invarianz der Substanz die Voraussetzung dafür darstellt, die Invarianz des Gewichts begreifen zu können (vgl. ebd., 119).

### **Popcornaufgabe**

Vor den Augen der Kinder wird ein Maiskorn auf einer erhitzten Asbestplatte (!) zum „Poppen“ gebracht. Das Kind ist nun aufgefordert zu entscheiden, ob sich das Gewicht des Maiskorns durch diesen Vorgang verändert. PIAGET weist selbst auf den Umstand hin, dass sich das Gewicht minimal durch eine Verdampfung verändert, hält dies aber für vernachlässigbar. Er führt an, dass sich an den Argumenten der Kinder zeigt, aus welchen Gründen sie die Invarianz ablehnen.

Im Stadium I lehnen die Kinder die Invarianz von Substanz und Gewicht ab und erklären, dass durch ein Wachsen des Maiskorns sowohl die Substanz als auch das Gewicht zugenommen haben. Im Gegensatz dazu nehmen die Kinder im zweiten Stadium zwar die Invarianz der Substanz an, gehen aber in Bezug auf das Gewicht jetzt von einer Verminderung aus. PIAGET wirft in diesem Zusammenhang die Frage auf, ob die Verbindung von invarianter Substanz und geringerem Gewicht auf ein Konzept von Dichte hinweist, lehnt diese Interpretation aber ab, weil die als Begründung angeführten

Ausdrücke keinerlei eigentliche Komposition bezeichnen (abgesehen von der, die zur invarianten Größe der Substanz führt, wie wir bereits gesehen haben), sondern daß sie lediglich die empirische Feststellung der sichtbaren Ausdehnung äußern, indem sie sie dem intuitiven oder voroperatorischen Schema der Inkonsistenz der Materie einverleiben. (ebd., 186f)

Die angeführten Argumente lassen sich nach PIAGET nicht auf ein von den Kindern wahrgenommenes Verhältnis von wachsendem Volumen zu konstantem Gewicht zurückführen, sondern darauf, dass die Kinder von einer absoluten Verminderung des Gewichts ausgehen. Die Stadien III A und III B entsprechen in ihrem Auftreten den Beschreibungen aus den vorangegangenen Aufgaben.

#### 4.1.2 Untersuchungen zum Verhältnis von Dichte und Gewicht

Neben den Versuchen zur Invarianz von Substanz, Gewicht und Volumen analysierten PIAGET und INHELDER auch die Vorstellungen von Kindern zu Gegenständen in Bezug auf Größe und Gewicht. Dafür wurden die Kinder aufgefordert, einen Korken mit einem Stein, einen Korken mit einem Stück Holz sowie zwei gleich große, aber unterschiedlich schwere Steine bezüglich des Gewichts zu vergleichen. Auch bei diesen Untersuchungen kristallisierten sich vier Stadien der Entwicklung heraus.

Im **ersten** Stadium schließen die Kinder automatisch von der Größe auf das Gewicht, indem sie aus der Tatsache, dass ein Gegenstand größer ist als ein anderer, die Schlussfolgerung ziehen, dass der größere Gegenstand der schwerere ist – das spezifische Gewicht bleibt, auch wenn sie es bereits unbewusst erfahren haben, unberücksichtigt. Hier können sie nicht den u.U. nötigen Schluss ziehen, dass der größere Gegenstand der leichtere ist. Die visuell wahrnehmbare Eigenschaft „größer“ dominiert die Entscheidung. Zum Teil gelingt es ihnen allerdings, bei gleich großen (bekannten) Gegenständen mit unterschiedlichem spezifischem Gewicht Aussagen über die Gewichtsverhältnisse zu machen.

Während eines **zweiten** Stadiums werden Gewicht und augenscheinliche Menge der Materie voneinander getrennt, aber die Dichteunterschiede werden noch erklärt durch intuitive Differenzen ohne Komposition des Gewichts oder des Volumens der Elemente. Während eines **dritten** Stadiums werden die Gewichtsunterschiede bei gleichem Volumen oder die gegenüber den Volumenverhältnissen umgekehrten Gewichtsrelationen reduziert auf die Quantität und das Gewicht der Elemente, die die Körper zusammensetzen, aber diese Komposition schließt die Begriffe der Kompression und Dekompression noch nicht ein. Während eines **vierten** Stadiums endlich werden die Dichteunterschiede auf die Kompression oder Dekompression der Elemente bezogen, d. h. auf rein räumliche Kompositionsformen. (ebd., 204f.; Hervorhebungen von mir)

In einer weiteren Versuchsreihe wurde den Vorstellungen der Kinder zur Relation zwischen Gewicht und Materie nachgegangen. Hierfür wurden den Kindern zunächst zwei Materialien mit unterschiedlicher Dichte mit der Aufforderung vorgelegt, aus dem einen Material einen Gegenstand zu erstellen, der so schwer ist wie der Gegenstand aus dem anderen Material. Im ersten Fall sollten die Kinder eine Tonkugel formen, deren Gewicht dem einer vorgegebenen Wachskugel entsprach, im zweiten Fall sollten zwei gleich schwere Haufen aus den Materialien Sand und Hirse gebildet werden. Außerdem wurde einigen (älteren) Kindern eine entsprechende Aufgabe auf verbaler Ebene gestellt, die sie nur mit Hilfe ihrer Vorstellung lösen sollten. Auf der Grundlage, dass diesen Kindern bewusst war, dass Blei eine höhere Dichte hat als Eisen, wurden sie gefragt, ob „eine Eisenkugel, die gleich schwer ist (...) wie eine Bleikugel, gleich groß (...) oder größer oder kleiner“ als diese ist (ebd., 226).

Bei diesen Aufgaben haben sich für die zwei ersten Entwicklungsstufen (s.o.) des Dichtebegriffs drei verschiedene Lösungstypen herauskristallisiert, wobei die ersten zwei Varianten zur ersten Stufe und die dritte Variante zur zweiten Stufe zu zählen sind. Beim dritten Lösungstyp handelt es sich um die korrekte Umsetzung, dass das Volumen sich umgekehrt proportional zur Dichte verhält. Bei den beiden anderen Varianten wird dies nicht beachtet; so orientieren sich die Kinder bei der ersten Variante ausschließlich am Volumen. Beim zweiten Lösungstyp ist ihnen die unterschiedliche Dichte der Materialien bewusst, der sich daraus ergebende Schluss der proportionalen Umkehrung wird allerdings noch nicht gezogen, sondern der Körper mit der größeren Dichte erhält ein größeres Volumen, um Gewichtsgleichheit zu erzielen.

Um eine tiefere Einsicht darin zu erhalten, in welcher Stufe der Zusammenhang von Verhältnissen wahrgenommen und umgesetzt werden kann, wurde eine Aufgabe, die den vorangegangenen Aufgaben entspricht, weitergeführt. So wurde das Kind zunächst aufgefordert, ein Tonobjekt zu bilden, das genauso schwer sein sollte wie der vorliegende Korken. Nachdem dies erfolgt war, wurde dem Kind zunächst ein zweiter Korken vorgelegt, der genauso groß wie der vorherige war, allerdings war dieser vertikal halbiert und bestand somit aus zwei Teilen. Das Kind war nun aufgefordert, ein Tonobjekt mit dem Gewicht herzustellen, das so schwer wie eine Korkhälfte war. In einem letzten Schritt wiederholte sich der Vorgang mit einem viergeteilten Korken.

Befindet sich das Kind auf der ersten Stufe, setzt es Gewicht und Volumen gleich. Entsprechend werden die Tonobjekte genauso groß wie die vorgelegten Korken. Es übernimmt also indirekt die Halbierung und Vierteilung des Volumens, die geforderte Gewichtsgleichheit wird dabei aber ignoriert. In einem Übergangsstadium (II A) ist dem Kind schon die unterschiedliche Dichte bewusst, es ist aber noch nicht in der Lage, dieses Erkenntnis beim Formen des Objekts beizubehalten, sondern lässt sich vom visuellen Eindruck dominieren. Im nächsten Stadium (II B) formt es bereits ein entsprechend kleineres Objekt. Die daran anschließende Halbierung (bzw. Vierteilung) des Korkens kann aber noch nicht auf die eigene Tonformung umgesetzt werden, so dass diese nicht einfach ebenfalls halbiert (geviertelt) wird, sondern es wird ein neues Objekt geformt, das zwar kleiner ist, dennoch aber eine willkürliche Größe aufweist. Auf einer dritten Stufe können die Verhältnisse angemessen umgesetzt werden.

### **4.1.3 Untersuchungen zu (additiven) Kompositionen der Gewichtsungleichheiten sowie der Gewichtsäquivalenzen**

**Kompositionen der Gewichtsungleichheiten:** PIAGET ging des Weiteren der Frage nach, wie sich die Entwicklung in Bezug auf den Gewichtsvergleich mehrerer unterschiedlich schwerer Gegenstände mit dem Ziel der Reihenbildung verhält. Bei dieser Aufgabenserie wurden den Kindern zwischen drei und zehn gleich aussehende Gegenstände gleichzeitig vorgelegt (Rückschlüsse von Volumen auf Gewicht waren also nicht

möglich). Die Kinder wurden dann dazu aufgefordert, die Gegenstände nach ihrem Gewicht zu sortieren; dabei durften aber immer nur jeweils zwei Gegenstände gleichzeitig miteinander verglichen werden. Hierbei interessierte es PIAGET, welche und wie viele direkte Vergleiche von den Kindern durchgeführt wurden, um die Reihenbildung vornehmen zu können.

In einem ersten Stadium (keine Komposition) ist das Kind noch nicht in der Lage, bei drei Gegenständen das Beziehungsgeflecht angemessen zu durchschauen. So prüft es zwar entweder das Gewicht aller Gegenstände mit der Hand, setzt die Gewichte aber nicht in Beziehung zueinander, oder es vergleicht nur das Gewicht von zwei der drei Gegenstände miteinander. Entsprechend verläuft die Reihenbildung bei einer größeren Anzahl von Gegenständen. PIAGET merkt allerdings an, dass die Reihenbildung von drei oder vier Gegenständen von den Kindern dann erfolgreich ist, wenn sie nicht die Regel „immer nur zwei Gegenstände gleichzeitig vergleichen“ beachten müssen. Offensichtlich ist die mit dieser Regel verbundene nötige Reflexion noch zu abstrakt. Ab fünf zu sortierenden Gegenständen erfolgt aber in jedem Fall nur noch eine Sortierung in die Kategorien „leicht“ und „schwer“.

Im folgenden zweiten Stadium (empirische Reihenbildung in untereinander nicht koordinierten Paaren) zieht das Kind zwar Schlussfolgerungen bezogen auf die Relationen, diese sind aber nicht die logisch korrekten. So schließt es aus den im Vergleich erzielten Ergebnissen  $A > B$  (A ist schwerer als B) und  $A > C$ , dass  $B > C$  gilt, woraus sich die Reihe  $A > B > C$  ergibt. Beim Vergleich von vier Gegenständen entstehen Schlussfolgerungen folgender Art:  $A > B$  und  $C > D$ , deswegen  $A > B > C > D$ . Bei noch mehr zu vergleichenden Gegenständen ist das Kind in der Lage, jeweils – wenn auch noch nicht logisch richtige – Beziehungen zwischen drei oder vier Gegenständen herzustellen, diese können dann aber nicht weitergehend in Beziehung zueinander gesetzt werden.

Im letzten Stadium (operatorische Reihenbildung) schließlich geht die Entwicklung dahin, dass das Kind dazu in der Lage ist, die Transitivität zu erkennen und logisch richtig anzuwenden. Die Gewichtsrelationen können schließlich auch bei mehr als drei oder vier Gegenständen überblickt werden, so dass die operatorische Reihenbildung kein Problem mehr darstellt.

**Additive Kompositionen der Gewichtsäquivalenzen:** In dieser Aufgabenserie untersuchte PIAGET, inwieweit Kinder zu logischen Schlüssen folgender Art in der Lage sind: Wenn das Kind aufgrund selbst durchgeführter Gewichtsvergleiche zu dem Ergebnis gelangt, dass A genauso schwer ist wie B, B genauso schwer ist wie C und C genauso schwer ist wie D ( $A=B=C=D$ ), kann es dann hieraus den Schluss ziehen, dass A und B zusammen genauso schwer sind wie C und D zusammen ( $(A+B) = (C+D)$ )? Um dies herauszufinden, werden den Kindern Messingstäbe mit gleicher Länge und Dicke, aber teilweise verschiedener Breite vorgelegt. Diese Messingstäbe stehen in verschiedenen Verhältnissen zueinander, so entsprechen z. B. vier identische kleine Stäbe einem ande-

ren größeren Stab, was auch am Volumen zu erkennen ist. Des Weiteren liegen noch weitere Gegenstände (ein Stück Blei, ein Stück Kohle, ein Stück Wachs, ein Stück Eisen, eine Tonkugel) vor, die jeweils genauso schwer sind wie ein spezieller Messingstab. Eine der Aufgaben, die den Kindern gestellt wurde, sieht folgendermaßen aus: Das Kind bestätigt durch Auswiegen mit einer Balkenwaage, dass eine vorgegebene Messingstange (Ia) genauso schwer ist wie eine andere (genauso große: Ib) sowie dass die vorgegebene Messingstange (Ia) so schwer ist wie das Stück Blei. Das Kind ist nun aufgefordert zu entscheiden, ob die Messingstange Ib auch so schwer ist wie das Stück Blei (einfache heterogene Komposition). Anschließend legt man in die eine Waagschale die Stangen Ia und Ib und in eine andere Waagschale eine weitere gleich schwere Stange Ic (die Gewichtsgleichheit ist dem Kind bekannt) sowie das Stück Blei. Hier ist die Frage, ob das Kind die Gewichtsgleichheit der beiden Waagschalen vorhersagen kann (additive heterogene Komposition).

In einem ersten Stadium kann das Kind noch keine einfache oder additive Komposition durchführen. In dem Fall, dass die Messingstäbe identisch sind, schließt es auf die Gewichtsgleichheit gleicher Stangen über die visuelle Wahrnehmung, aber schon eine unterschiedliche Färbung – ansonsten identischer – gleich schwerer Stangen führt dazu, dass das Kind die Gewichtsgleichheit nicht mehr anerkennt.

Im zweiten Stadium beherrscht das Kind die einfache und additive Komposition bei gleichen Materialien (homogene Komposition), sobald sich der Gewichtsvergleich aber auf zwei gleiche und ein weiteres anderes Material (heterogene Komposition) bezieht, scheitert es bereits an der einfachen Komposition.

Im dritten Stadium entwickeln sich dann die Beherrschung aller heterogenen Kompositionen. In einem ersten Unterstadium (IIIA) ist das Kind in der Lage, die einfache heterogene Komposition zu erkennen, die additiven heterogenen Kompositionen gelingen allerdings nur durch Experimentieren und noch nicht allein auf der kognitiven Ebene. Im Unterstadium IIIB gelingt schließlich auch die additive heterogene Komposition.

### 4.1.4 Kritik an Piagets Untersuchungen

PIAGET hat mit seinen Forschungsergebnissen einen großen Einfluss auf die lern- und entwicklungspsychologische Forschung ausgeübt. Neben vielen positiven Aspekten seiner Ergebnisse erfuhr seine Arbeit jedoch auch vielfach Kritik. Ein häufig vorgetragener Kritikpunkt betrifft seine Wortwahl, die in den Interviews bei den Kindern zu Verständnisschwierigkeiten führte, so dass manche als falsch gewertete Antwort der Kinder bei einem anderen Verständnis von PIAGETS Formulierungen nicht mehr unbedingt falsch ist.

Des Weiteren wird ihm vorgehalten, das Denkvermögen von Kindern unterschätzt zu haben, indem er die Meinung vertrat, dass Kinder eine Wissenskomponente immer nur im Rahmen der aktuellen Entwicklungsstufe verstehen können. Ein effektives gezieltes Lernen komplexerer Inhalte auf einer früheren Stufe hat er ausgeschlossen. Mittlerweile

gibt es verschiedene Studien, die belegen, dass Kinder bei angemessen formulierten Aufgabenstellungen zum Teil auch schon früher über Kompetenzen verfügen, die nach PIAGET eigentlich erst auf einer späteren Stufe zu erwarten wären. Außerdem haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, dass es immer wieder Aufgaben gibt, die von den Kindern erfolgreich gelöst werden können, während andere strukturgleiche Aufgaben noch nicht richtig bearbeitet werden. Auch PIAGET ist dies aufgefallen. Er hat in diesem Fall von horizontalen Verschiebungen gesprochen.<sup>25</sup> Die dadurch entstehenden Asynchronien (vgl. MONTADA 2002<sup>5</sup>, 441) können je nach Interpretation die Einteilung in einzelne Stadien in Frage stellen. Da es PIAGET aber nicht darum ging, ein Instrumentarium zu entwickeln, mit dem die Leistungen der Kinder bewertet werden können, sondern er der Frage nachging, ob sich eine entwicklungsgemäße, aufeinander aufbauende Struktur entdecken lässt, lässt sich sein Stadienmodell dennoch rechtfertigen. Zudem ist fraglich, ob die angenommene Strukturgleichheit von Aufgaben wirklich besteht oder ob eine vielleicht auch nur geringfügige Andersartigkeit derart strukturverändernd wirken kann, dass die Aufgabe doch eine andere Lösungsgrundlage benötigt.

CAREY kritisiert Piagets Stufenmodell als zu generalisierend, „um die Veränderungen in Hunderten von Begriffsbereichen zu beschreiben. In einzelnen Begriffsfeldern könnten auch schon sehr junge Kinder formal-logisch schlussfolgern und umgekehrt seien Erwachsene in bestimmten Wissensdomänen dazu nicht in der Lage“ (EINSIEDLER 2003, 24). CAREY hält aus diesem Grund die Forschung zur Differenzierung des Wissens in einzelnen Wissensdomänen für relevanter als die Suche nach allgemeinen Entwicklungsstufen.

Grundsätzlich sind die Zuordnungen der einzelnen Stufen zu Altersangaben eher als Annäherungen zu verstehen, und der Übergang zwischen den einzelnen Stufen erfolgt fließend, so dass es möglich ist, dass sich ein Kind in einem Bereich z. B. bereits in der formal-operationalen Stufe befindet, während es in anderen Bereichen noch konkret-operational denkt (vgl. MIETZEL 2002, 184 und MONTADA 2002<sup>5</sup>, 441).

## 4.2 Smith, Carey und Wiser

SMITH, CAREY UND WISER (im folgenden SMITH ET AL.) vertreten die Ansicht, dass sich Lernen im Sinne der von CAREY beschriebenen *Conceptual-Change*-Theorie vollzieht (s. Kap. A 1.2). Dabei gehen sie davon aus, dass kindliche Konzepte in ihrem Aufbau und ihrer Struktur den Konzepten Erwachsener entsprechen.

SMITH ET AL. (1985) haben eine Studie durchgeführt, in der sie der Frage nachgegangen sind, ob Größe<sup>26</sup> und Gewicht einerseits sowie Gewicht und Dichte andererseits sich bei Kindern – wie auch bei Erwachsenen – als voneinander getrennte Konzepte finden las-

---

25 BAUERSFELD erklärt diesen Punkt im Rahmen seiner Theorie damit, dass der gleiche Inhalt aufgrund unterschiedlicher Kontexte, in denen er erfahren wird, in verschiedenen Erfahrungsbereichen gespeichert ist und dementsprechend unterschiedlich weit entwickelt sein kann (vgl. Kap. A 1.3).

26 CAREY spricht von „size“. Dies entspricht dem deutschen Wort „Größe“ im Sinne von „Volumen“.

sen oder ob es sich um Kombinationskonzepte handelt und wie sich die auftretenden Konzepte beschreiben lassen. Das Konzept eines Erwachsenen bezüglich der Größe Gewicht beschreiben sie folgendermaßen:

We assume that the adult understands matter as the stuff objects are constituted of (...). The adult knows that not everything is a material object (...) and that only material objects have weight. They know that a bigger object is heavier than a smaller object of the same material kind because it contains more matter and because matter has weight. Finally, they also know that matter comes in different kinds which differ in the weight of any fixed volume. Thus, they can explain the weight of an object in terms of the density of the material it is made of and its size. (SMITH ET AL. 1985, 184f.)

Demgegenüber stehen die kindlichen Konzepte, bei denen eruiert werden sollte, inwieweit es sich um „Kombinations“-Konzepte (Größe/ Gewicht, Gewicht/ Dichte) handelt oder aber um eigenständige Konzepte. Im letzteren Fall ist weiterhin die Frage, ob und wie sich diese Konzepte gegenseitig beeinflussen.

SMITH ET AL. kritisierten an den Untersuchungen von PIAGET die komplexen Aufgabenstellungen (s. o.). Diese führten ihrer Ansicht nach dazu, dass die Kinder zum einen die Fragestellung anders interpretieren könnten als vom Interviewer intendiert. Zum anderen bemängeln sie, dass z. B. in von PIAGET eingesetzten Aufgaben zur Größe-Gewichts-Beziehung Vorstellungen eines Dichtekonzepts zu stark mit einfließen. Aus diesem Grund versuchten sie, ihre Aufgaben derart zu strukturieren, dass mögliche Einflüsse eines in dieser Aufgabe nicht im Mittelpunkt stehenden Größe-/ Gewichts- oder Dichtekonzepts möglichst ausgeschlossen waren. Dies ist für die Untersuchungen von SMITH ET AL. von großer Bedeutung, da es ihnen um die explizite Beschreibung der entsprechenden kindlichen Konzepte ging, bei denen nur eine saubere Trennung in der Aufgabenstellung auch Aufschluss über den Aufbau der Konzepte geben kann. Im Gegensatz dazu widmete sich PIAGET mehr der Bestimmung von allgemeinen Entwicklungsstufen.

An der Studie von SMITH ET AL., die in vier Teile gegliedert war, nahmen 78 Kinder zwischen drei und neun Jahren teil (am vierten Untersuchungsteil nahmen nur 32 der 78 Kinder teil).<sup>27</sup> In den ersten beiden Teilen untersuchten sie die Frage, ob Kinder für Größe und Gewicht bzw. für Gewicht und Dichte unterschiedliche Konzepte bilden. Im dritten Teil gingen sie der Frage nach, inwieweit Kinder Größe und Gewicht aufeinander beziehen. Im letzten Teil analysierten sie die Vorstellungen der Kinder bezogen auf die Tatsache, dass Gegenstände immer aus Material bestehen und damit auch immer Gewicht haben.

Da die Untersuchung und damit auch das Aufgabenkorpus sehr umfangreich und detailliert ist, werden jeweils nur einige Aufgabenbeispiele aus den vier Untersuchungsteilen

---

<sup>27</sup> Die Altersgruppen teilten sich folgendermaßen auf: 18 Dreijährige, 18 Vierjährige, 18 Fünfjährige, 12 Sechs- bis Siebenjährige sowie 12 Acht- bis Neunjährige.



vorgestellt (für einen ausführlichen Einblick vgl. SMITH ET AL. (1985)). Abschließend erfolgt eine kurze zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse.

### 4.2.1 Konzept(e) für Größe und Gewicht

SMITH ET AL. wollten herausfinden, ob Kinder zunächst nur ein einzelnes Konzept haben, das sowohl Größe als auch Gewicht umfasst, oder ob sich getrennte Konzepte für Größe und Gewicht finden lassen. Im ersten Fall müssten Ansichten über die Größe bei Gewichtsentscheidungen und umgekehrt Ansichten über Gewicht bei Größenentscheidungen beobachtbar sein. SMITH ET AL. schlossen aber auch nicht aus, dass Kinder zwar voneinander getrennte Konzepte für Größe und Gewicht besitzen, aber z. B. trotzdem uneingeschränkt davon ausgehen, dass die Größe ein hinreichender Indikator für das Gewicht ist. Dies würde auf ein noch nicht vorhandenes Konzept für Dichte hinweisen.

SMITH ET AL. konstruierten ihre Aufgaben in der Form, dass sie bei der Hälfte der Fragen bewusst auf die Ausdrücke „größer“ und „schwerer“ verzichteten, um dem Konflikt aus dem Weg zu gehen, dass die Kinder nur einfach ein anderes Verständnis des Wortes, nicht aber des Konzepts an sich haben könnten. Dies geschah u.a. als Reaktion auf die von ihnen formulierte Kritik der möglichen Verständnisprobleme bei PIAGETS Aufgabenstellung. In den Aufgaben wurden einerseits Gegenstände als Vergleichsobjekte eingesetzt, die sowohl größer als auch schwerer (bzw. sowohl kleiner als auch leichter) waren, andererseits Gegenstände, bei denen ein Rückschluss von der Größe auf das Gewicht zu einer Fehlentscheidung führen muss. Bei Kindern, die ein undifferenziertes Größe-Gewicht-Konzept haben, ist eine höhere Fehlerrate bei den letzteren Gegenständen zu erwarten. Als Gegenstände eingesetzt wurden hauptsächlich verschiedene Zylinderpaare. Die Zylinder waren aus unterschiedlichen Materialien (Holz, Aluminium, Messing) und hatten unterschiedliche Größen. Sie waren in fünf Kategorien paarweise sortiert:

1. Kategorie: gleiches Material, unterschiedliche Größe
2. Kategorie: unterschiedliches Material und unterschiedliche Größe, der größere Zylinder hat die höhere Dichte
3. Kategorie: unterschiedliches Material und unterschiedliche Größe, der größere Zylinder hat die geringere Dichte, wiegt aber trotzdem mehr als der kleinere Zylinder
4. Kategorie: unterschiedliches Material, gleiche Größe
5. Kategorie: unterschiedliches Material und unterschiedliche Größe, der kleinere Zylinder hat die größere Dichte und wiegt auch mehr als der größere Zylinder

SMITH ET AL. stellten den Kindern zu einer Aufgabe, bei denen eine Größenentscheidung getroffen werden sollte, wie z. B. „Was ist größer: ein Hund oder ein Elefant?“

Zum anderen wurden den Kindern neun verschiedene Zylinderpaare in die Hand gegeben, bei denen sie jeweils entscheiden sollten, welcher Zylinder der größere ist. Während bei dem ersten Aufgabenbeispiel das Gewicht von Hund und Elefant für die Entscheidungsfindung des Kindes keine Rolle spielt, ist bei der Zylinderaufgabe interessant, ob die Kinder sich bei der Größenentscheidung durch das gefühlte Gewicht beeinflussen lassen. Entsprechend wurden den Kindern bei den Aufgaben zur Gewichtsentscheidung u.a. ebenfalls die Zylinderpaare vorgegeben: in diesem Fall allerdings mit der Aufforderung, eine Gewichtsentscheidung zu treffen. Die Kinder sollten also zum gleichen Material sowohl Aussagen zur Größe (kleiner/ größer) als auch zum Gewicht (leichter/ schwerer) machen.

Die Aufgaben zur Größenentscheidung wurden fast alle richtig gelöst. Dies zeigt, dass die Größenentscheidungen nicht vom Gewicht beeinflusst wurden und demnach zwei verschiedene Konzepte vorhanden sind. Bei den Aufgaben zur Gewichtsentscheidung war die Fehlerquote dagegen deutlich höher. Interessanterweise fanden sich diese Fehler aber nicht bei den Vergleichspaaren, bei denen der Rückschluss von Größe auf Gewicht zu einer Fehlentscheidung führte (Hinweis auf undifferenziertes Größe-Gewicht-Konzept). So trat z. B. eine häufige Fehlentscheidung bei Zylinderpaaren der fünften Kategorie auf: hier entschieden sich viele Kinder für „gleich schwer“. Diese Fehlentscheidung „gleich schwer“ (auch in anderen Paarkategorien) machte 89% aller Fehlentscheidungen aus. SMITH ET AL. führen dies nicht auf ein undifferenziertes Konzept zurück, sondern sprechen hier von „poor weight discrimination“ (ebd., 193). Da Einflüsse von Größe in Gewichtsentscheidungen bzw. umgekehrt immer nur aufgabenweise und bei keinem Kind konsequent auftraten, schließen sie darauf, dass auch Kinder bereits getrennte Größen- und Gewichtskonzepte haben.

### 4.2.2 Konzept(e) für Gewicht und Dichte

Des Weiteren untersuchten SMITH ET AL., ob Kinder zwischen Gewicht und Dichte unterscheiden können. In diesem Zusammenhang stellte sich ihnen die Frage, inwieweit sich diese beiden Komponenten in einer Konzeptbeschreibung voneinander trennen lassen, da sich die Dichte nur unter Rückgriff auf Gewicht (z. B. im Sinne von „schwer für die Größe“) beschreiben lässt. Ein entwickeltes Gewichtskonzept schließt immer die Komponente des Vergleichens mit ein. Die Aussage, ob ein Gegenstand schwer oder leicht ist, impliziert einen Vergleich z. B. in Bezug auf einen anderen Gegenstand oder darauf, ob ein Erwachsener oder ein Kind den Gegenstand tragen soll. Ein Gegenstand kann z. B. schwer sein im Vergleich zu anderen Gegenständen seiner Art („schwer für ein Telefon“) oder schwer sein im Vergleich zu anderen Gegenständen, die genauso groß sind. Kinder können den Aspekt „schwer für die Größe“ neben anderen Aspekten in ihrem Gewichtskonzept bereits mit aufgenommen haben, kontextabhängig können aber trotzdem andere Vergleichsaspekte noch dominierend aufgerufen werden. So ist z. B. denkbar, dass einem Kind bewusst ist, dass ein Duplostein im Vergleich zu einem entspre-

chend großen Kieselstein „leicht für seine Größe“ ist. Trotzdem kann es sein, dass das Kind in dem Fall, dass der Stein ein bisschen kleiner ist, entscheidet, dass der Duplostein aufgrund des Größerseins auch schwerer ist. Hier würde deutlich, dass die Komponente Dichte noch nicht als physikalische Größe aufgefasst wird. Erst wenn dies der Fall ist, entsteht ein eigenständiges Dichtekonzept.

Um den Zusammenhang von Dichte und Gewicht in den Konzepten der Kinder untersuchen zu können, wurden den Kindern zum einen ein Aluminium- sowie ein Stahlzylinder präsentiert, bei denen sie über die unterschiedlichen Materialien informiert wurden. Anschließend erhielten sie weitere Zylinder, die sie jeweils der Aluminium- oder der Stahlfamilie zuordnen sollten. Zum anderen wurden ihnen wieder die Zylinderpaare (s. o.) vorgelegt, diesmal allerdings mit der Fragestellung, ob die beiden Zylinder eines Paares aus dem gleichen oder aus unterschiedlichem Material hergestellt wären.

SMITH ET AL. kamen zu dem Ergebnis, dass sich erst bei den Acht- bis Neunjährigen ein eigenständiges Dichte-Konzept entwickelt. Die jüngeren Kinder haben ein undifferenziertes Dichte-Konzept, bei dem sich zeigt, dass vor allem die Wahrnehmung des Gewichts (und damit die Wahrnehmung des unterschiedlichen Druckgefühls) die Dichteentscheidung beeinflusst. So entschieden viele Kinder bei einem Zylinderpaar der dritten Kategorie (s. o.), dass der schwerere, größere Zylinder aus einem schwereren Material bestünde als der kleinere Zylinder, der aber tatsächlich die höhere Dichte hatte.

#### 4.2.3 Zusammenhang von Größe und Gewicht

Im ersten Teil der Untersuchung kamen SMITH ET AL. zu dem Ergebnis, dass Kinder getrennte Konzepte für Größe und Gewicht besitzen. Trotzdem sprach ihrer Ansicht nach einiges dafür, dass der Einfluss der Größe eines Gegenstandes bei der Entscheidung, welcher Gegenstand der schwerere ist, eine erhebliche Rolle spielt. Deswegen gingen SMITH ET AL. der Frage nach, welcher Art dieser Einfluss ist. Dazu setzten sie eine Aufgabenvariante der Wachs-Tonkugelaufgabe von PIAGET ein<sup>28</sup>, indem sie die Materialien Stahl und Aluminium sowie Wachs und Ton in entsprechenden Aufgaben einander gegenüberstellten.

Beim ersten Aufgabentyp wurden den Kindern z. B. ein großer Aluminiumgegenstand und ein kleiner Stahlgegenstand von gleichem Gewicht mit der Aufforderung vorgelegt, zu entscheiden, welcher Gegenstand der schwerere sei oder ob beide gleich schwer seien. Dabei wurde zunächst beobachtet, ob die Kinder eigenständig einen manuellen Vergleich durchführten oder nur die visuell wahrnehmbare Eigenschaft Größe des Gegenstandes als Entscheidungsindikator nutzten. Die Kinder, die eine Entscheidung ohne manuelle Kontrolle trafen, wurden anschließend zu einer manuellen Kontrolle aufgefordert. Den Kindern, die bei dieser Kontrolle nicht zu dem Ergebnis „gleich schwer“ ge-

---

28 PIAGET forderte die Kinder auf, eine Tonkugel zu kneten, die genauso schwer wie eine vorgegebene Wachskugel sein sollte (s. S. 39f.).

langten, wurde mit Hilfe einer Balkenwaage demonstriert, dass die beiden Gegenstände gleich schwer waren. Nachdem alle Kinder dies erkannten hatten, wurden sie gefragt, ob die beiden Gegenstände aus dem gleichen Material bestünden oder ob einer der beiden Gegenstände aus einem schwereren Material (höhere Dichte) bestünde.

Eine andere Aufgabe bestand darin, dass die Kinder zu einem Gegenstand aus wiederum drei anderen Gegenständen aus einem anderen Material denjenigen mit dem gleichen Gewicht auswählen sollten. Auch hier bestand die Möglichkeit, sich an der Größe zu orientieren, insbesondere da einer der drei vorgegebenen Gegenstände genauso groß wie der Vergleichsgegenstand war.

Generell fiel den älteren Kindern der Vergleich von Aluminium und Stahl leichter als der von Wachs und Ton<sup>29</sup>, was damit zusammenhängen könnte, dass den meisten Acht- bis Neunjährigen bereits vor der Untersuchungssituation der Dichteunterschied von Stahl und Aluminium, nicht aber der von Wachs und Ton bekannt war (vgl. ebd., 214f). Den jüngeren Kindern fiel der Gewichtsvergleich bei beiden Materialpaaren schwerer. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die meisten Drei- bis Siebenjährigen noch kein eigenständiges Dichtekonzept aufgebaut haben, was sich daran zeigte, dass für diese Kinder die Größe eines Gegenstandes den ausschlaggebenden Indikator für Gewichtsentscheidungen darstellte. Bei diesen Kindern findet sich noch ein undifferenziertes Gewicht-Dichte-Konzept, das die Verbindungen von Größe, Gewicht und Material generalisierend umfasst. Die Acht- bis Neunjährigen haben dagegen bereits ein vom Gewichtskonzept losgelöstes eigenständiges Dichte-Konzept aufgebaut, das sie für eine Entscheidungsfindung heranziehen können.

### 4.2.4 Unterscheidung zwischen Objekt und Material

Im letzten Teil der Untersuchung setzten SMITH ET AL. sich damit auseinander, ob Kinder wissen, dass Gegenstände immer aus Material bestehen und damit auch immer ein Gewicht haben. Die Unterscheidung von Objekt und Material stellt dabei die Voraussetzung für die Erkenntnis dar, dass Dichte eine Materialeigenschaft, Gewicht aber eine Objekteigenschaft ist.

Eine Aufgabe dieses Teils war, dass die Kinder zunächst nach den Unterschieden von Glas und Plastik sowie Holz und Metall, aber auch nach dem Unterschied von Schatten und Holz befragt wurden. Dann wurden ihnen verschiedene Gegenstände aus Papier, Gummi, Holz und Metall vorgelegt, und das jeweilige Material wurde thematisiert. Bei einem der Gegenstände handelte es sich um eine Papiertasse. Nachdem geklärt war, dass es sich um eine Tasse aus Papier handelt, wurde die Tasse zerschnitten. Nun wurden die Kinder gefragt, ob es sich immer noch um eine Tasse handelt und ob es immer

---

<sup>29</sup> 89% der Acht- bis Neunjährigen beantworteten die Aufgaben zum Aluminium-Stahl-Vergleich korrekt; die Aufgaben zum Wachs-Ton-Vergleich wurden dagegen nur von 50% der Acht- bis Neunjährigen richtig gelöst.

noch Papier ist. Alle Kinder erkannten, dass es sich bei dem zerschnittenen Objekt nicht mehr um das Ausgangsobjekt handelte, dass aber das Material immer noch das gleiche war. Allerdings war in den Begründungen der Kinder erkennbar, dass es den älteren Kindern leichter fiel, diese Tatsachen angemessen zu verbalisieren. Diese Tatsache überrascht nicht, da die Verbalisierungsfähigkeit mit zunehmendem Alter zunimmt. Dies benötigt jedoch ein besonderes Augenmerk, da aus der fehlenden Verbalisierungsfähigkeit nicht automatisch auf ein fehlendes Verständnis geschlossen werden kann.

Bei einer anderen Aufgabe wurde den Kindern ein Ton- und ein Kneteblock gleicher Form und Größe vorgelegt. Durch manuelles Prüfen merkten die Kinder, dass der Tonblock schwerer war als der Kneteblock. Dann wurden die Blöcke halbiert (geviertelt, geachtelt etc.), und die Kinder wurden jeweils gefragt, welche der Blockhälften (-viertel, -achtel etc.) die schwerere sei, wobei die Kinder zu diesem Zeitpunkt keine Gewichtskontrollen mehr vornehmen durften. SMITH ET AL. testeten also, inwieweit die Kinder aus der Ausgangssituation folgern konnten, dass sich bei gleicher Teilung die Gewichtsverhältnisse nicht ändern. Hierbei zeigte sich, dass die Drei- und Vierjährigen noch keine konsistenten Angaben machten, sondern ihre Entscheidung aufgrund ihres visuellen Eindrucks, welches Stück ‚schwerer aussieht‘, trafen. Die meisten Fünf- bis Siebenjährigen erkannten den Gewichtsunterschied, bis die beiden Stücke sehr klein waren. Dann jedoch äußerten sie, dass nun ‚beide leicht‘ seien oder ‚beide nichts mehr‘ wögen. Der Hälfte der Acht- bis Neunjährigen war dagegen bereits bewusst, dass ein Tonblock immer schwerer ist als ein gleich großer Kneteblock.

Außerdem wurden die Kinder dazu befragt, ob ein ihnen vorgelegtes Stück Styropor ‚viel, ein bisschen, ein kleines bisschen oder gar nichts‘ wiege. Entsprechend wurde ihnen ein kleines Stück Knete gegeben. Nachdem die Kinder eine Aussage über das Stück Knete getroffen hatten, wurde dieses Stück Knete mit einem größeren Stück Knete zusammengefügt, und die Kinder wurden gefragt, ob sich das Gewicht des größeren Knetestücks durch die Ergänzung verändert hätte. Die meisten der Vier- bis Sechsjährigen (75%) vertraten die Meinung, dass ein Stück Styropor nichts wiegt, und 45% dieser Altersgruppe meinten, dass das kleine Stück Knete nichts wiegt. Die übrigen Kinder (55%) glaubten zwar, dass das Knetestück ‚ein bisschen‘ wiegt, schlossen daraus aber nicht, dass deswegen sich auch das Gewicht des großen Knetestücks verändert, wenn man das kleine hinzufügt. Sie stimmten aber zu, dass sich das Gewicht vergrößert, wenn man ein großes Stück Knete hinzufügt. Die meisten älteren Kinder (75%) gaben an, dass das kleine Stück ein Eigengewicht hat, das selbstverständlich auch Einfluss auf das Gesamtgewicht nimmt, wenn man es zu einem anderen Stück Knete hinzufügt.

#### 4.2.5 Zusammenfassung

SMITH ET AL. kamen zu dem Ergebnis, dass sich schon bei kleinen Kindern zwei voneinander getrennte Konzepte für Größe und Gewicht finden lassen, während sich ein eigen-

ständiges Konzept für Dichte erst später entwickelt. Kern des Gewichtskonzepts bei kleineren Kindern ist das *gefühlte Gewicht*. Dies führt dazu, dass in ihren Augen ein Stück Styropor *nichts* wiegt. Hierzu gehört auch die Vorstellung, dass das Hinzufügen eines kleinen Stückchen Knete nichts am Gesamtgewicht eines Knetestücks ändert. Außerdem findet sich die Komponente „schwer für die Größe“ erst im Gewichtskonzept älterer Kinder (Entwicklung zwischen fünf und sieben Jahren), die auf dem Weg sind, die Dichte als Materialeigenschaft zu erkennen. Des Weiteren machten SMITH ET AL. die Erfahrung, dass auch die meisten jüngeren Kinder, wenn sie die Wahl hatten, Gewichtsvergleiche durch Hochheben treffen wollten (vgl. ebd., 227f) und nicht, wie PIAGET resümierte, durch Rückschluss auf visuelle Eigenschaften wie der Größe. Ein weiterer Aspekt des kindlichen Gewichtskonzepts findet sich in der Inkonsistenz, dass bereits ein Vorschulkind zwar zwischen Materiellem und Immateriellem unterscheiden kann, einem kleinen Stück Styropor, das auch nach seiner Definition *materiell* ist, aber ein Gewicht abspricht. D. h., dass in diesem kindlichen Konzept der Begriff *materiell* trotzdem noch nicht automatisch mit der Eigenschaft *hat ein Gewicht* verknüpft ist, wenn dies wie im angegebenen Beispiel mit der Wahrnehmung des gefühlten Gewichts kollidiert.

### 4.3 Schmidt/ Weiser

SCHMIDT und WEISER (1986) haben Ergebnisse einer von ihnen durchgeführten Studie zum Maßzahlverständnis von Schulanfängern vorgelegt. In dieser Studie untersuchten sie die Kenntnisse der Kinder zu den Größenbereichen *Längen, Gewichte, Geld* und *Zeitspannen* und gingen dabei auch der Frage nach, inwieweit Kinder Aufgaben im Maßzahlkontext unter Rückgriff auf ihre Zählkompetenz lösen. Dabei gehen sie entgegen der Meinung von PIAGET, der ein jeweiliges Invarianzverständnis als grundlegende Voraussetzung für das Erfassen eines entsprechenden Maßsystems sieht, von einer „quasi-simultanen und wechselseitig sich beeinflussenden Strukturierung von Repräsentantensystem, Zahlbereich und Maßfunktion beim Kinde aus, die zudem auch bereits vor dem Erreichen der jeweiligen Invarianzen effektiv ist“ (SCHMIDT/ WEISER 1986, 124)<sup>30</sup>. Demzufolge ist denkbar, dass ein Kind Erfahrungen, die es in einem Größenbereich gemacht hat, auf einen anderen überträgt oder bei der Lösung der Aufgaben auf seine Zählkompetenz zurückgreift (s.o.).

An der Untersuchung, die in Form von Einzelinterviews durchgeführt wurde, nahmen 24 Kinder<sup>31</sup> zwischen fünf und sieben Jahren teil, die alle noch nicht eingeschult waren. Die Kinder hatten in keinerlei Weise im Vorfeld an einer systematischen Erarbeitung von Maßzahlen (z. B. in Form eines Vorschulkurses) teilgenommen.

---

30 Vgl. Ausführungen zur Maßfunktion in Kap. A 2.

31 An den Aufgaben zum Größenbereich Gewichte nahmen nur 23 Kinder teil.

Zu jedem Bereich gab es jeweils eine Aufgabe zum Messen und zur Maßzahlrepräsentation, zwei Aufgaben zur Ordnungsrelation sowie eine Aufgabe zur Addition (s.u.). Die Aufgaben wiesen dabei einander entsprechende Strukturen auf.

Als Hilfestellung stand den Kindern geeignetes, allerdings manipuliertes Anschauungsmaterial zur Verfügung, mit dessen Hilfe die Aufgaben durch praktisches Handeln gelöst werden konnten. „Die Manipulierbarkeit bedingte bei den Aufgaben zu den Längen und Gewichten, daß weder die ‚zu großen‘ konventionellen Einheiten Meter und Kilogramm noch die ‚zu kleinen‘ Einheiten Zentimeter und Gramm gebraucht werden konnten“ (ebd., 127).

Als Alternative gab es Einheitsrepräsentanten, die mit den Begriffen *Schlumpfenmeter* (ein 2cm langer Stab) bzw. *Schlumpfenpfund* (ein 50g-Stück) bezeichnet wurden. Bei den anderen Maßzahlbereichen wurden die standardisierten Bezeichnungen (*Mark* bzw. *Minute*, *Stunde*) verwendet. Durch die Einbeziehung der manipulierten Repräsentanten bezeichnen SCHMIDT und WEISER (vgl. ebd., 127) ihr erforschtes Maßzahlverständnis im Gegensatz zu dem konventionellen als ein eher strukturelles. Im Folgenden werden die Ergebnisse zum Größenbereich Gewichte zusammengefasst.

Bei den Aufgaben zum Messen und zur Maßzahlrepräsentation lagen vor dem Kind fünf Schlumpfenpfund-Gewichtssteine sowie ein 100g-Gewichtsstein. Nun wurde ihm zuerst ein Schlumpfenpfund-Gewichtsstein mit dem Kommentar in die Hand gegeben, dieser Gewichtsstein wöge bei den Schlümpfen ein Pfund. Anschließend wurde dem Kind der 100g-Gewichtsstein gegeben und es wurde gefragt, wie schwer denn dann dieser Gewichtsstein bei den Schlümpfen wäre. Bei der zweiten Aufgaben lagen dem Kind wieder verschiedene Gewichtssteine vor. Diesmal wurde es dazu aufgefordert, den Gewichtsstein auszuwählen, der bei den Schlümpfen vier Pfund wiegt.

Bei diesen Aufgaben erzielten die Kinder seltener richtige Ergebnisse als bei den vergleichbaren Aufgaben zu den Längen. Dies mag daran liegen, dass Kinder in diesem Alter wahrscheinlich weniger Erfahrung mit Gewichten mitbringen. Nur drei Kinder lösten die erste Aufgabe (Messen) durch ein Vergleichen der Gewichtsstücke mit ihren Händen. Bei ihnen war also eine Messidee in Bezug auf Gewichte vorhanden. Nachdem der Interviewer im Anschluss an die erste Aufgabe den 20 Kindern ohne Messidee das manuelle Vergleichen mit der Handwaage vorgemacht hatte, bearbeiteten sechs Kinder die zweite Aufgabe (Maßzahlrepräsentation) durch einen manuellen Vergleich. Es gab also nur wenige Kinder, die die Handlung des Interviewers aufgriffen.

Sechs bzw. acht Kinder versuchten, durch visuelle Wahrnehmung die Eigenschaft des Gewichts zu erfassen und setzten Größe und Gewicht gleich. Dies führte in den vorliegenden Fällen zum richtigen Ergebnis, da alle Gewichtssteine dieselbe Dichte hatten. Damit bleibt ungeklärt, ob die Kinder das Konzept ‚größer, also schwerer‘ anwenden. „Bei diesen Kindern sind zwar die speziellen Ideen des Messens und der Maßzahlrepräsentation für Gewichte nicht vorhanden, aber sie befolgen das diesen Ideen zugrundelie-

gende Prinzip des Zerlegens in oder Aufbauens aus Einheiten (unit iteration)“ (ebd., 132).

Die Aufgaben zur Ordnungsrelation sahen folgendermaßen aus. Bei der ersten Aufgabe lagen wieder diverse Gewichtssteine vor dem Kind. Es wurde gefragt: „Was ist schwerer – 5 Pfund oder 4 Pfund?“ (ebd., 140) Bei der zweiten Aufgabe lagen wieder verschiedene Gewichtssteine vor dem Kind. Ein Gewichtsstein war von einem Tuch verdeckt. Der Interviewer erklärte dem Kind: „Dieses Gewichtsstück ist bei den Schlümpfen zwei Pfund schwer (...). Unter dem Tuch ist ein schwereres Gewichtsstück. Wie schwer könnte es sein?“ (ebd., 141)

Alle Kinder beantworteten diese Aufgabe ohne Rückgriff auf das Material. 21 bzw. 22 Kinder bearbeiteten diese Aufgaben richtig. Obwohl der Großteil die Maßfunktion in Bezug auf Gewichte nicht beherrschte, wurde die Ordnungshomomorphie erfolgreich eingesetzt. Die Kinder übertrugen hier wahrscheinlich entweder Kenntnisse über die Zahlwortreihe oder aber ihre Erfahrungen aus dem Bereich der Längen und bearbeiteten so die Aufgaben erfolgreich.

Bei der Aufgabe zur Addition waren die Kinder dazu aufgefordert, auszurechnen, wie schwer zwei Gewichtsstücke zusammen sind, die jeweils 2 Schlumpfenpfund wiegen. Diese Aufgabe wurde von 16 Kindern erfolgreich bearbeitet. Auch in diesem Bereich waren also viele Kinder in der Lage, ihre Erfahrungen aus dem Kardinalzahlbereich – in diesem Fall die Regeln der Addition – auf den Maßzahlbereich zu übertragen und richtig anzuwenden.

Insgesamt haben SCHMIDT und WEISER gezeigt, dass bereits Vorschulkinder Vorkenntnisse im Bereich Größen und Maßzahlen mitbringen, auch wenn sie nach PIAGET noch kein Invarianzverständnis für den entsprechenden Größenbereich besitzen.<sup>32</sup> Da sich (bis auf die erste Aufgabe) allerdings alle Aufgaben durch den Rückgriff auf den arithmetischen Bereich lösen ließen, lässt sich hieraus nicht schließen, dass die Kinder über eine adäquate Messidee oder ein eigenständiges Gewichtskonzept verfügen.

### 4.4 Petersen

PETERSEN (1987) hat eine Untersuchung mit Viert- und Fünftklässlern durchgeführt, in der sie ihnen Aufgaben zu Gewichtsvorstellungen, zu mathematischen Fähigkeiten im Größenbereich Gewichte und zum Umgang mit Waagen stellte. Ziel ihrer Untersuchung war es, Aufschluss über die Kenntnisse der Schüler zu erhalten, um davon ausgehend Vorschläge für eine verbesserte Unterrichtsgestaltung zu formulieren. An der Studie nahmen 56 Kinder teil, je zur Hälfte aus der vierten bzw. fünften Klasse. PETERSEN teilte die Untersuchung in die Teilbereiche *Schätzen*, *Mathematik* und *Wiegen* auf.

---

<sup>32</sup> Vgl. Kapitel zu den Untersuchungen von PIAGET.



**Schätzen:** Die Schüler waren aufgefordert, die Gewichte folgender Gegenstände zu schätzen: Tischtennisball, 10-Pfennig-Stück, Hühnerei, Apfel, Sprudelkiste und Elefant. Während des Tests hatten die Schüler die Möglichkeit, den Tischtennisball und den Apfel vor dem Schätzen in die Hand zu nehmen, das Gewicht der anderen Gegenstände mussten sie aufgrund ihrer Vorstellung schätzen. Auffällig ist, dass es für jeden Gegenstand eine sehr weite Streuung an Schätzungen gab, z. B. beim Tischtennisball (2g) Schätzungen von 0,002g bis 10kg und beim Hühnerei (100g) von 0,2g bis 60kg. Die Ergebnisse zeigen, dass es den Schülern sowohl bei Gegenständen, deren Gewicht sie selber manuell „auswiegen“ können, als auch bei Gegenständen, bei denen dies nicht der Fall ist, sehr schwer fällt, eine realistische Schätzung abzugeben. Offenbar hilft das „In-die-Hand-Nehmen“ eines Gegenstandes den Schülern beim Schätzen nicht. Im Ganzen wurden 331 Schätzungen abgegeben, von denen 11 Schätzungen (3,3%) dem exakten Gewicht entsprachen. Die meisten Schüler überschätzten sich dabei nicht konsequent in eine Richtung, sondern schwankten zwischen Unter- und Überschätzen hin und her. Bei nur 39% der Kinder stimmte die durch die Schätzergebnisse entstandene Reihenfolge mit der wahren Ordnungsrelation überein. Das Fazit von Petersen ist, „daß bei einem weitaus größten Teil der Schüler das Vorstellungsvermögen von Gewichten sehr schwach entwickelt ist“ (PETERSEN 1987, 22).<sup>33</sup>

**Mathematik**<sup>34</sup>: Beim Rechnen im Kontext der Größe Gewicht traten zwei verschiedene Fehlerkategorien auf: Fehler, die kontextbedingt sind, sowie allgemeine Fehler, die sich nicht auf den Kontext zurückführen lassen. Ein großes Fehlerpotential bietet die Umwandlung von einer Einheit in eine andere. So tritt nach PETERSEN (vgl. ebd., 23) als falsche Umwandlungszahl (g – kg oder kg – t) am häufigsten die 100 auf, was vermutlich auf die Größe Länge zurückzuführen ist, bei der die Umrechnungszahl 100 die zuerst gelernte darstellt; aber auch die Faktoren 10 oder 10000 werden benutzt. Auffällig war, dass ein und dasselbe Kind sich nicht konsistent für einen Umwandlungsfaktor für die Umwandlung von z. B. Aufgaben zur Gramm-in-Kilogramm-Umwandlung entschied, sondern den Umwandlungsfaktor aufgabenabhängig wechselte.

Während den meisten Kindern das Umwandeln von Größenangaben ohne zu berücksichtigende Nullstelle gelingt, steigt die Fehleranfälligkeit bei Aufgaben, die eine Berücksichtigung der Nullstelle erforderlich machen: So rechnen manche Kinder z. B. folgendermaßen um:  $10\text{t}5\text{kg} = 105\text{kg}$ . Die Kommaschreibweise stellt hierbei eine zusätzliche Schwierigkeit dar. Außerdem zeigt die Verwendung falscher Einheiten (1750kg statt 1750g), insbesondere bei Sachaufgaben, dass den Schülern das Vorstellungsvermögen von Gewichtsrelationen fehlt, da die Verwendung einer falschen Einheit nicht zu einem internen Konflikt führt.

<sup>33</sup> Vgl. Ausführungen zur Problematik bei der Beurteilung von Schätzungen in Kap. B 2.

<sup>34</sup> Zu diesem Teilbereich gibt PETERSEN die entsprechenden Aufgaben in dem Artikel leider nicht an. Es handelte sich um Definitionen, Umwandlungsaufgaben, Rechenaufgaben sowie Aufgaben in Sachkontexten.

**Wiegen:** Die Schüler waren aufgefordert, das Gewicht von verschiedenen Alltagsgegenständen wie z. B. einem Stück Kreide und einem Mathematikbuch mit Hilfe einer Waage zu bestimmen. An diesem Teilgebiet konnten aus zeitlichen Gründen nicht alle Schüler teilnehmen. Insgesamt wurde 50mal gewogen, wobei aus der vorliegenden Veröffentlichung nicht ersichtlich wird, ob dies heißt, dass 50 der Kinder jeweils eine Wägung vornahmen oder ob weniger Kinder mehrmals Gegenstände auswogen.

Zum einen stellt PETERSEN fest, dass den Schülern die Vertrautheit im Umgang mit der Tafelwaage fehlt. Dies führt dazu, dass der Wägevorgang sehr lange dauert und außerdem nicht systematisch durchgeführt wird. Die dadurch entstehenden Probleme führt sie auf ein „unsystematische[s], ungeplante[s] und wenig vorausdenkende[s] Vorgehen“ zurück (ebd., 27).

Zum anderen führt PETERSEN unterschiedliche Gründe für fehlerhafte Ergebnisse auf:

- Notation des Ergebnisses ohne Einheit z. B. 9 statt 9g (Vernachlässigung der Einheit)
- Notation des Ergebnisses mit falscher Einheit z. B. 300kg45g anstatt 345g (mangelhafte Gewichtsvorstellung)
- Fehlerhafte Addition der Gewichte der aufgelegten Gewichtssteine (...) Mögliche Ursachen hierfür sind Rechenfehler bei der Addition, die Annahme eines falschen Gewichts für ein bestimmtes Gewichtsstück oder das Übersehen einzelner Gewichtssteine.
- Ungenauigkeit bei der Beurteilung des Gleichgewichtsstandes (ebd., 26f.)

Zusammenfassend schlussfolgert Petersen aus den Untersuchungsergebnissen, dass ein großer unterrichtlicher Schwerpunkt auf den Aufbau von adäquaten Gewichtsvorstellungen gelegt werden muss, damit sich die Leistungen der Schüler beim Schätzen, aber auch beim Rechnen im Kontext Gewicht sowie beim Umgang mit Waagen verbessern (vgl. ebd., 28).

## 4.5 Kesting

KESTING (2005) hat in ihrer Studie das mathematische Vorwissen von Grundschulkindern jeweils zu Beginn eines jeden Schuljahres in den ersten drei Jahren untersucht. Sie entwickelte für jedes Schuljahr einen schriftlichen Test, bei dem die Aufgaben die Bereiche Arithmetik, Größen und Geometrie abdeckten.

Ziel von KESTINGS Untersuchung war es, ein Testinstrumentarium zu entwickeln, das geeignet ist, ohne großen Aufwand in der alltäglichen Schulpraxis eingesetzt zu werden. Sie führte die Tests, die insgesamt aus 98 Teilaufgaben bestanden, in verschiedenen Schulen in Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg als schriftliche Tests im Klassenverband durch. Außerdem setzte sie ungefähr die Hälfte der Aufga-

ben zusätzlich im Rahmen von Einzelinterviews ein. Jede Aufgabe wurde im Rahmen ihrer Studie von jeweils mindestens 100 Schülern bearbeitet. Die Auswertung der Testergebnisse zeigt, dass in allen drei Schuljahren die Schüler bereits Vorkenntnisse zu noch nicht schulisch thematisierten Inhalten besitzen. Der Umfang der Vorkenntnisse nimmt allerdings im Lauf der Schuljahre ab. Dabei sind die Vorkenntnisse im Bereich Arithmetik und Geometrie durchgängig umfangreicher als die zu den Größenbereichen.

In dem Test für das dritte Schuljahr findet sich lediglich eine Aufgabe zum Größenbereich Gewichte. In dieser Aufgabe sind die Schüler dazu aufgefordert, vier Gegenständen (eine Tafel Schokolade, Rollschuhe, einen Schreibblock, einen Bleistift) fünf vorgegebenen Gewichtsangaben (10kg, 2,8kg, 400g, 100g, 5g) zuzuordnen. Einer Gewichtsangabe wird also kein Gegenstand zugeordnet (vgl. ebd., 72). Diese Aufgabe wurde entsprechend der Gesamttendenz der Bearbeitung von Aufgaben aus dem Bereich Größen von nur wenigen Schülern (12%) richtig bearbeitet. Dies führt KESTING auf mangelnde Vorkenntnisse in diesem Bereich zurück (vgl. ebd., 100). Da sie aber nicht konkreter auf die Lösungen dieser Aufgabe eingeht, ist nicht klar, welche Fehler auftraten. Außerdem scheint es gewagt, aus einer Aufgabe allgemein auf mangelnde Vorkenntnisse zu schließen.

## 4.6 Lobemeier

LOBEMEIER (2005) ist in ihrer Arbeit der Frage nachgegangen, welche Leistungen Viertklässler zu Aufgaben im Bereich Größen erbringen, und hat dabei Ergebnisse der IGLU-Studie (**I**nternationale **G**rundschul-**L**ese-**U**ntersuchung: IGLU und IGLU-E) von 2001 ausgewertet. Außerdem griff sie in der Auswertung bei den Aufgaben, die bereits in den Studien TIMMSS-POP1 (1995) und CROSSTEL (1993) eingesetzt worden waren, auch auf die dort erbrachten Ergebnisse zurück. Aufgaben zum Bereich Gewichte fanden sich in den Kategorien ‚*Schätzen von Größen*‘, ‚*Zerlegen von Größen*‘ sowie ‚*Operieren mit Größen*‘. Bei den Aufgaben zu den ersten beiden Kategorien stellt LOBEMEIER eine modifizierte Aufgabenstellung dar, da die ursprünglich eingesetzten Items nicht zur Veröffentlichung freigegeben sind.

**Schätzen von Größen:** Die Schüler sollten bei der Aufgabe zum Teilbereich Gewichte angeben, mit welcher der vorgegebenen Einheiten sich das Gewicht eines Hühnereies am besten angeben lässt. Bei den vorgegebenen Einheiten handelte es sich um je zwei Längen- und zwei Gewichtseinheiten. Knapp 80% wählten die richtige Antwort. Knapp zehn Prozent hielten eine Längeneinheit für angemessen. Daraus lässt sich schließen, dass die meisten Viertklässler (90%) in der Lage sind, kontextstringent zwischen Längen- bzw. Gewichtseinheiten zu unterscheiden. LOBEMEIER stellt außerdem fest, dass es den Schülern leichter fällt, die passende Einheit dem Gewicht eines Eies zuzuordnen, als die Länge eines Bleistiftes, die Raumhöhe eines Zimmers oder die Körpertemperatur eines Menschen zu schätzen. Diese vergleichende Analyse ist allerdings insofern pro-

blematisch, als bei der Ei-Aufgabe die Schüler (90%), die Längen- von Gewichtseinheiten unterscheiden können, nur zwischen zwei und nicht wie bei den anderen Aufgaben zwischen vier möglichen Antworten wählen mussten. Außerdem sollten sie die geeignete Einheit und nicht zusätzlich auch noch eine adäquate Maßzahl auswählen.

**Zerlegen von Größen:** Bei der Gewichtsaufgabe dieser Kategorie lagen den Schülern drei Abbildungen einer Balkenwaage vor, aus denen ersichtlich wurde, dass eine Dose Fisch genauso schwer wie fünf Gewichtssteine ist sowie dass eine Tüte Reis genauso viel wie zwei Dosen Fisch wiegt. Die Kinder sollten angeben, wie viele Gewichtssteine folglich zum Auswiegen einer Tüte Reis benötigt werden. Dazu standen den Kindern fünf verschiedene Antwortmöglichkeiten zur Verfügung. Diese Aufgabe wurde nur von knapp der Hälfte der Kinder erfolgreich bearbeitet. Die zwei ebenfalls häufig auftretenden Antworten „zwei Gewichtssteine“ (28%) bzw. „fünf Gewichtssteine“ (12%) lassen sich vermutlich auf die in der Aufgabenstellung auftretenden Gewichtsangaben zurückführen. Offensichtlich bereiten die zu analysierenden Gewichtsbeziehungen den Schülern Schwierigkeiten und können deswegen nicht angemessen interpretiert werden.

**Operieren mit Größen:** Hier lagen den Kindern drei Abbildungen einer Federwaage vor. In der ersten Abbildung war die Federwaage in Nullstellung zu sehen. Auf den beiden anderen Bildern wurde jeweils die Gewichtsbestimmung eines Steins (groß: 10 bzw. klein: 2) dargestellt. Die Schüler sollten die Gewichte der beiden Steine miteinander vergleichen, indem sie sie zueinander in Beziehung setzten („Wie viel mal schwerer ist der große Stein als der kleine Stein?“). Es standen fünf verschiedene Antwortmöglichkeiten zur Verfügung. Auch diese Aufgabe wurde von knapp der Hälfte der Schüler richtig gelöst. Gut 27% gaben an, dass der größere Stein achtmal so schwer sei. Dies ist auf die Anwendung der falschen Rechenoperation (Subtraktion statt Division) zurückzuführen. Auch hier, so folgert LOBEMEIER, fällt es den Kindern schwer, die in der Aufgabe angegebenen Gewichtsangaben angemessen zueinander in Beziehung zu setzen.

Diese Ergebnisse zeigen, dass insbesondere bei Aufgaben, deren Lösungen komplexere Sachverhalte wie das Interpretieren und In-Beziehung-Setzen verschiedener Daten zugrunde liegen, eine hohe Fehlerquote zu beobachten ist.

## 4.7 Emmrich

EMMRICH (2004) hat sich mit Gewichtsvorstellungen sowie mit dem Rechnen mit Gewichtsangaben bei Viertklässlern beschäftigt. Dazu hat sie sowohl einen schriftlichen Test mit Aufgaben zum Bereich Gewichtsvorstellungen entwickelt als auch klinische Interviews durchgeführt, in denen sie sich mit den Denkweisen der Kinder auseinandergesetzt hat. Zentrale Fragestellungen des schriftlichen Tests waren, ob die Kinder Gewichtsrepräsentanten kennen und aus welchem Alltagskontext sie stammen; außerdem, ob die Kinder Standardrepräsentanten sowie das Gewicht ausgewählter Gegenstände

kennen oder dazu in der Lage sind, angemessene Schätzungen der Gewichte der ausgewählten Gegenstände abzugeben.

**Größenvorstellungen:** Der schriftliche Test zum Bereich Größenvorstellungen wurde mit 88 Viertklässlern durchgeführt. Zudem wurde er Erwachsenen vorgelegt, um eine Vergleichsgruppe zu haben, anhand derer die Qualität der Ergebnisse der Kinder besser eingeordnet werden konnte.

Die Auswertung des schriftlichen Tests zeigte, dass große Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen bestehen. Als häufigsten Gewichtsrepräsentanten (97%) geben Kinder das Körpergewicht an. Dabei kennen sie neben ihrem eigenen Gewicht oftmals auch das von Verwandten oder Freunden. Erwachsene dagegen geben Gewichtsrepräsentanten aus dem Lebensmittelbereich an (85%). EMMRICH führt diesen Unterschied darauf zurück, dass Kindern der Lebensmittelbereich nicht so vertraut ist wie Erwachsenen (vgl. ebd., 55).

Für die Gewichtsangaben „100g“, „100kg“ und „1t“ gab es jeweils einen Repräsentanten, der sich bei mehr als 50% der Befragten fand: eine Tafel Schokolade (100g), ein „dicker“ Mensch (100kg) sowie ein Auto (1t). EMMRICH betont in diesem Zusammenhang, dass auffällt, dass sich diese (Standard-)Repräsentanten sowohl auf Schüler- als auch auf Erwachsenenenseite fanden. Dies scheint jedoch nicht überraschend, wenn man bedenkt, in welchem Kontext Kinder Stützpunktwissen aufbauen. Dies geschieht in der Regel durch die Vermittlung Erwachsener und führt dementsprechend zu „gleichem“ Wissen.

Bei der Auswertung der Schätzaufgabe zeigte sich, dass die Schätzungen der Erwachsenen geringere Abweichungen aufwiesen als die Schülerschätzungen. EMMERICH evaluierte, dass die Schüler in der Lage waren, eine angemessene Schätzung für das Gewicht ihrer Lehrerin abzugeben, ihre Schätzangaben für das Gewicht eines Schulheftes sowie des Mathematikbuchs waren dagegen eher unzureichend. So wurde das Gewicht des Schulheftes oft auf 2g oder 5g, das des Mathematikbuchs auf 10g oder 20g geschätzt. Die relativ guten Schätzungen für das Gewicht eines Schultornisters lassen sich vermutlich auf die häufig durchgeführten Diskussionen zurückführen, wie schwer ein Schultornister für ein Schulkind sein darf. EMMRICH schließt aus den Auswertungen der Schätzergebnisse, dass „die Angemessenheit der Schätzungen (...) somit weniger von der Häufigkeit der Handlungserfahrungen mit den Repräsentanten abzuhängen [scheint, D. R.], sondern vielmehr von der *Bewusstheit der Handlungserfahrungen*, die zumeist über das Medium ‚Sprache‘ entsteht“ (ebd., 55).<sup>35</sup> Dieser Aspekt ist besonders wichtig, da dies bestätigt, dass Handeln alleine nicht ausreicht, sondern erst die Reflexion der Handlungserfahrung zu einem Lernzuwachs führt.

---

35 Zur Problematik der Bewertung von Schätzungen vgl. Kap. B 2.

**Rechnen mit Gewichtsangaben:** Bei den Analysen der Interviews hinsichtlich des Rechnens mit der Größe Gewicht zeigten sich drei verschiedene Kategorien von Fehlern<sup>36</sup>. Ein Problem, das häufig auftrat, ist das Umrechnen von einer Maßeinheit in eine andere. Die auftretenden Fehler betreffen in diesem Fall zum einen die Kenntnis der richtigen Umrechnungszahl und zum anderen die Entscheidung, ob mit der gewählten Umrechnungszahl eine Division oder eine Multiplikation durchgeführt werden muss. Viele Kinder wählen im Bereich Gewichte die Umrechnungszahl 100, die sie vermutlich aus anderen Größenbereichen (Längen, Geld) kennen.

Eine weitere Schwierigkeit stellt das Umwandeln einer Maßzahl von Kommaschreibweise in Zahlenangabe ohne Komma oder umgekehrt dar. Die Fehlerquelle findet sich hier „in der Vernachlässigung der Endstellennullen und dem damit verbundenen fehlerhaften Auffüllen nicht besetzter Stellenwerte mit der Null“ (ebd., 58). EMMRICH führt dies auf eine fehlerhafte Einsicht in das Stellenwertsystem, insbesondere auf die Funktion der Ziffer Null in diesem Zusammenhang, zurück.

Ein letztes Problem, das allerdings nur in einem Fall auftrat, betraf die Tatsache, dass ein Schüler ein fehlerhaftes Stellenwertsystem in Bezug auf die Größe Gewicht aufgebaut hat, das für das Gewicht „1,417 t“ folgendermaßen aussah:

Tonne	Kilogramm	Pfund	Gramm
1	4	1	7

ebd., 58

Dieser Schüler ordnete also jeder Ziffer eine eigene Maßeinheit zu.

EMMRICH kam abschließend zu dem Ergebnis, dass das Rechnen im Größenbereich Gewichte auch für gute Rechner ein hohes Fehlerpotenzial bietet, da die nötigen Umrechnungsregeln nicht ausreichend beherrscht werden. Hierbei handelt es sich allerdings nicht um ein spezielles Problem der Größe Gewicht, sondern betrifft das Rechnen mit Größen allgemein.

Des Weiteren betont sie die Notwendigkeit, im Unterricht adäquate und realistische Größenvorstellungen aufzubauen, da diese Voraussetzung für das Schätzen darstellen. EMMRICH schlägt vor, ein Bewusstsein für die Größe Gewicht durch eine Thematisierung des Körpergewichtes zu schaffen, da sie aus ihren Ergebnissen schließt, dass Schüler nur in diesem Bereich über adäquate Vorstellungen verfügen. Hiervon ausgehend kann z. B. das eigene Körpergewicht in Beziehung zu den Gewichten anderer Gegenstände gesetzt werden, um eine Vorstellung von Gewichtsverhältnissen zu erhalten. Allerdings kann meiner Ansicht nach das eigene Körpergewicht auch ein sensibles Thema sein, so dass fraglich ist, inwieweit eine Anknüpfung hieran wirklich sinnvoll ist.

36 Vgl. hierzu die Ergebnisse von PETERSEN, die in ihrer Untersuchung zu ähnlichen Ergebnissen kam (s. o.).

EMMRICH betont, dass es wichtig ist, Schülern den handelnden Umgang mit Gegenständen bei der Gewichtsschätzung und -bestimmung zu ermöglichen, um den Aufbau von Größenvorstellungen zu unterstützen. Dazu gehören „praktische Wägearbeiten“ genauso wie „die Verbindung von Messen [im Sinne des Auswiegens, D. R.] und Schätzen“ (ebd., 61). In diesem Zusammenhang weist EMMRICH auch auf die Problematik hin, dass heutzutage im Alltag typischerweise Waagen eingesetzt werden, die im Gegensatz zu den früher gebräuchlichen Balken- und Tafelwaagen keinen Einblick mehr in den Vorgang des Auswiegens im Sinne des Vergleichens ermöglichen. Deswegen sollte im Unterrichts ebenfalls Wert auf den Aufbau eines Wägeverständnisses gelegt werden.

### **4.8 Zusammenfassung der einzelnen Untersuchungen mit Ausblick auf die von mir durchgeführte Studie**

Die vorab vorgestellten Untersuchungen haben alle unterschiedliche Ziel- und Schwerpunktsetzungen. Bei PIAGET findet sich, wie in vielen seiner anderen Untersuchungen auch, eine intensive Auseinandersetzung mit der Entwicklung des *Invarianzverständnisses*. Daneben behandelte er auch Fragen zur Auffassung des Verhältnisses von Gewicht und Dichte.

An diesem Punkt setzt die Untersuchung von SMITH ET AL. an, die den unterschiedlichen Konzepten für Größe, Gewicht und Dichte nachgehen und sich dabei in der Wahl ihrer Aufgaben aus verschiedenen Gründen explizit von PIAGETS Aufgaben abgrenzen.

SCHMIDT und WEISER wollen mit ihrer Untersuchung den Vorkenntnissen von *Schulanfängern* zu den Größenbereichen nachgehen. Sie zeigen, dass bereits Schulanfänger in dem Sachkontext Gewichte Aussagen über Ordnungsrelationen treffen und mit (einfachen) Gewichtsangaben rechnen können. Es lässt sich allerdings aus den Ergebnissen kein Rückschluss auf vorhandene Messideen oder auf Gewichtskonzepte allgemein ziehen, da die Aufgaben durch Rückgriff auf arithmetische Kenntnisse lösbar waren.

PETERSEN hat eine umfangreiche Untersuchung mit *Viert- und Fünftklässlern* zu den Bereichen Schätzen, Rechnen und Auswiegen durchgeführt, die sich auch in meiner Studie finden.

Bei dem von KESTING entwickelten schriftlichen Test findet sich in der Version für das dritte Schuljahr eine Aufgabe zum Größenbereich Gewichte. Eine ähnliche Aufgabe findet sich in dem von mir konzipierten schriftlichen Test.

LOBEMEIER sowie EMMRICH beschäftigen sich in ihren Arbeiten mit den Leistungen von *Viertklässlern*. Während LOBEMEIER die von Viertklässlern im Rahmen der IGLU-Studie erbrachten Ergebnisse zu verschiedenen Größenbereichen auswertet, basieren die Ergebnisse von EMMRICH auf der Durchführung eines selbst konzipierten schriftlichen Tests sowie auf Einzelinterviews.

Die referierten Studien beleuchten das Wissen, die Vorstellungen und Fertigkeiten zur Größe Gewicht bei Kindern unterschiedlich umfangreich und jeweils nur in ausgewählten Teilbereichen, so dass ein umfassendes Bild auf die Konzepte der Kinder fehlt. Die von mir durchgeführte Studie versucht dagegen, die Konzepte der Kinder ausführlich zu beschreiben und geht in verschiedenen Aspekten über die referierten Untersuchungen hinaus.

Die Bildungsstandards sehen in Deutschland die Thematisierung der Größe Gewicht im Unterricht für das dritte und vierte Schuljahr vor. Die vorliegende Studie setzt bewusst hier an und wurde mit Drittklässlern durchgeführt, die zu Beginn der Untersuchung noch keine schulische Berührung mit dem Größenbereich Gewichte hatten. So kann zunächst dem Wissen und den Vorstellungen der Kinder in Bezug auf den Größenbereich Gewichte im Sinne von Präkonzepten nachgegangen werden.

Die meisten der aufgeführten Studien (insbesondere die aus dem deutschsprachigen Raum) untersuchten die Größe Gewicht nur in einer geringen Bandbreite, teilweise nur am Rande. Dagegen wurde bei der Konzeption der Aufgaben für meine Studie auf eine möglichst umfassende Thematisierung verschiedener den Größenbereich Gewichte betreffende Bereiche (Gewichte vergleichen; mit Gewichten rechnen; Gewichte bestimmen; Gewichte schätzen) geachtet. Diese Bandbreite dient dazu, die kindlichen Gewichtskonzepte möglichst detailliert beschreiben zu können. Diesen Anspruch hatte keine der bisherigen Untersuchungen.

Während es sich bei den genannten Untersuchungen um einmalige Aufnahmen handelt, hat sich die vorliegende Studie über einen Zeitraum von sieben Monaten mit drei Untersuchungszeitpunkten erstreckt. Dies ermöglicht die Untersuchung der Entwicklungen der Gewichtskonzepte. In dem Zeitraum war unmittelbar nach der ersten Interviewstafel eine Unterrichtsreihe zum Größenbereich Gewichte angesetzt, so dass der Einfluss eines schulisch inszenierten Lernprozesses beachtet werden konnte.

Die umfangreichen Studien von PIAGET, SMITH ET AL. und PETERSEN sowie die Studie von SCHMIDT und WEISER sind mehr als 20 Jahre alt, so dass eine neue Studie auch zu neuen Ergebnissen kommen kann. Zum Teil lassen sich die Ergebnisse meiner Studie, insbesondere zur Invarianz (PIAGET) und zum Zusammenhang von Größe und Gewicht (SMITH ET AL.), mit denen der referierten Studien vergleichen.



## **B Vorstellung der empirischen Untersuchung**

### **1 Ziel und Fragestellung der Untersuchung**

Im vierten Kapitel des ersten Teils der Arbeit wurden die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zu den Vorstellungen und Kenntnissen von Kindern zur Größe Gewicht vorgestellt. Dabei wurde aufgezeigt, dass Kinder bereits vor Schuleintritt (vgl. PIAGET/INHELDER 1975, SMITH ET AL. 1985) aufgrund ihrer Alltagserfahrungen die Größe Gewicht als eigenständige Eigenschaft eines Körpers erkennen. Außerdem haben PETERSEN (1987) und EMMRICH (2004) gezeigt, dass Viert- und Fünftklässler, obwohl ihre Alltagsvorstellungen bereits durch Unterrichtsinstruktion erweitert sein sollten, trotzdem z. B. nicht über adäquate Stützpunktvorstellungen verfügen, so dass das Schätzen des Gewichts eines Gegenstandes nicht angemessen erfolgen kann. Es fehlen jedoch Forschungsergebnisse, die konkrete Aussagen dazu machen, wie sich Wissen, Vorstellungen und Fertigkeiten von Drittklässlern, die noch keinen schulischen Kontakt zur Größe Gewicht hatten, beschreiben lassen. Die Kenntnis dieser Vorerfahrungen bildet aber die Grundlage für die Planung von Unterrichtsinhalten, da sich das Lernen der Kinder in der Auseinandersetzung mit und in Korrespondenz zu den Vorkenntnissen vollzieht. Die vorliegende Arbeit stellt Konzepte zur Größe Gewicht vor, die sich bei Drittklässlern finden, und versucht dabei folgende Fragen zu beantworten:

1. Welche Teilkonzepte gehören zu einem umfassenden Gewichtskonzept?
2. Welche Konzepte zur Größe Gewicht lassen sich bei Drittklässlern finden und wie lassen sie sich beschreiben?
3. Lässt sich im Laufe des dritten Schuljahres eine Entwicklung der kindlichen Konzepte verzeichnen? (Theorie: Konzeptwechsel)
4. Lassen sich SEBs (Subjektive Erfahrungsbereiche) finden, in denen der gleiche Inhalt unterschiedlich verstanden wird?
5. Lassen sich in den Konzepten der Kinder Phasen in der Entwicklung finden?

6. Lassen sich die unter Punkt 1 identifizierten Teilkonzepte auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse in einem Modell veranschaulichen, das ihre Beziehung zueinander und ihre zeitliche Entwicklung aufzeigt?

Zentrales Anliegen dieser Arbeit ist es also, Einblick in das Wissen und die Vorstellungen der Kinder zur Größe Gewicht zu erhalten. Dazu wird in Anlehnung an die von NÜHRENBÖRGER (vgl. NÜHRENBÖRGER 2002, 100) aufgestellten Bausteine eines Längskonzepts das Gewichtskonzept in Teilkonzepte aufgegliedert, die elementares Wissen, Vorstellungen und Fertigkeiten zur Größe Gewicht beinhalten (Kap. B 2). Mit Hilfe dieser Teilkonzepte sowie den kognitionswissenschaftlichen Grundlagen des Lernens (vgl. Kap. A 1) lassen sich die Vorstellungen der Schüler zur Größe Gewicht beschreiben und klassifizieren. Des Weiteren wird verfolgt, inwiefern sich die kindlichen Konzepte im Laufe des dritten Schuljahres verändern sowie welche Anhaltspunkte sich finden lassen, die auf verschiedene Phasen dieser Entwicklung hinweisen.

Die Arbeit erhebt dabei nicht den Anspruch, Aussagen über die Häufigkeit der beschriebenen Konzepte tätigen zu wollen, sondern will vielmehr Struktur und Qualität der Konzepte aufzeigen. Wie in anderen qualitativ ausgerichteten Arbeiten geht es „um fach- und themenspezifische Denkweisen in Begriffen und deren zugehörige konzeptuelle Rahmen und nicht um eine Häufigkeitsanalyse einzelner, ihres Kontextes beraubter Vorstellungen“ (KATTMANN/ GROPENGIESSER 1996, 188).

Das Vorhaben soll einen wissenschaftlichen Beitrag im Rahmen der mathematikdidaktischen Diskussion leisten, indem durch die entstehenden Ergebnisse aktuelle unterrichtspraktische Ansätze diskutiert und auf dieser Grundlage dem Schülerdenken möglicherweise angemessenere Unterrichtskonzepte entwickelt werden können. Außerdem kann die Studie als Basis für weitere Untersuchungen zum Größenbereich Gewichte dienen, indem die Ergebnisse sowohl qualitativ als auch quantitativ aufgefächert und weitergehend untersucht werden.

## 2 Konzept für die Größe Gewicht

In diesem Kapitel werden *Teilkonzepte eines Gewichtskonzepts* vorgestellt, die in der ausgewählten Theorie des Konzeptwechsels (vgl. Kap.A 1.2) eine wichtige Grundlage für die Entwicklung und Auswertung der im Rahmen der Untersuchung durchgeführten Interviews bilden.

Unter einem Gewichtskonzept wird in der vorliegenden Arbeit ein Netzwerk von (Teil-)Konzepten verstanden, die Wissen, Vorstellungen und Fertigkeiten, die im Zusammenhang mit der Größe Gewicht eine Rolle spielen, beinhalten. Dabei liegt die in Kapitel A 1 formulierte Definition von Konzept zugrunde, in der davon ausgegangen wird, dass ein Konzept eine mentale Repräsentationsstruktur ist. Unter dem Begriff „Wissen“ werden in der vorliegenden Arbeit abgespeicherte verarbeitete Informationen

verstanden, die im Rahmen des Verarbeitungsprozesses auf der Grundlage bereits vorhandenen Wissens interpretiert und mit diesem Wissen vernetzt werden. Der Begriff „Vorstellung“ beinhaltet demgegenüber die Erweiterung von Wissen auf der Grundlage einer durchlaufenen Erfahrung. Diese umfasst Sinneswahrnehmungen, Emotionen, Handlungen, Assoziationen etc. Unter „Fertigkeiten“ wird ein erlerntes Verhalten verstanden.

Die Teilkonzepte wurden in Anlehnung an NÜHRENBÖRGER (2002, 100), der das Längskonzept in so genannte „Bausteine“ gliedert, in der Auseinandersetzung mit den in den Bildungsstandards formulierten Lernzielen und der unterrichtlichen Behandlung (vgl. Kap. A 3), den in Kapitel A.2 dargestellten mathematischen Grundlagen sowie den den Ergebnissen der referierten Untersuchungen (Kap. A 4) konzipiert. Dabei stand im Vordergrund, das Gewichtskonzept in darin enthaltene Komponenten aufzuschlüsseln, um eine möglichst umfassende Konzeptbeschreibung zu ermöglichen. Die Teilkonzepte gliedern ein Gewichtskonzept in die drei Aspekte **Wissen**, **Vorstellungen** und **Fertigkeiten** auf und lassen sich den Bereichen „**Gewichte vergleichen**“, „**mit Gewichten rechnen**“, „**Gewichte bestimmen**“ sowie „**Gewichte schätzen**“ zuordnen. Die im folgenden beschriebenen Teilkonzepte sind: *Gewichtsvergleich*, *Invarianz*, *Transitivität*, *Einheiten*, *Umgang mit Maßangaben*, *Schätzen*, *Stützpunktwissen*, *Stützpunktvorstellungen*, *Wiegen als Vergleichsvorgang*, *Waagen* sowie *Wiegen*. Die Teilkonzepte dienen dazu, die (Prä-)Konzepte der Kinder aufzudecken, zu analysieren und miteinander zu vergleichen. Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse werden die identifizierten Teilkonzepte im Schlussteil der Arbeit (Kap. D 4) in einem Modell veranschaulicht, das ihre Beziehung zueinander und ihre zeitliche Entwicklung aufzeigt.

	<b>Gewichte vergleichen</b>	<b>mit Gewichten rechnen</b>	<b>Gewichte bestimmen</b>	<b>Gewichte schätzen</b>
<b>Wissen</b>	<i>Invarianz</i>	<i>Einheiten</i>	<i>Wiegen als Vergleichsvorgang</i>	<i>Stützpunktwissen</i>
	<i>Transitivität</i>		<i>Waagen</i>	
<b>Vorstellungen</b>		Zahlvorstellungen		<i>Stützpunkt- vorstellungen</i>
<b>Fertigkeiten</b>	<i>Gewichtsvergleich</i>	<i>Umgang mit Maßangaben</i>	<i>Auswiegen</i>	<i>Schätzen</i>

Grundlegend für ein Gewichtskonzept ist das *Wissen*, dass *alles Materielle ein Gewicht besitzt*. Dies beinhaltet ein Verständnis dafür, dass das Hinzufügen bzw. Wegnehmen weiterer Materie immer eine Veränderung des Gewichts bewirkt unabhängig davon, wie viel hinzugefügt oder weggenommen wird. Außerdem beinhaltet dieses Konzept das Wissen darüber, dass es sich beim Gewicht um eine Eigenschaft eines Körpers handelt, die nicht visuell wahrnehmbar ist.

### Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“

Eine wichtige Voraussetzung für die Bereiche **Gewichte schätzen** und **Gewichte bestimmen** stellen der Bereich „mit Gewichten rechnen“ dar.

Das Konzept *Zahlvorstellungen* beinhaltet die sichere Orientierung in den entsprechenden Zahlräumen (in diesem Fall bis 1000) sowie das Rechnen darin.

Das Konzept *Einheiten* beinhaltet zum einen die generelle Übersicht über verschiedene Einheiten und deren Verbindung zueinander, inklusive einer angemessenen Vorstellung von (großen) Zahlen (Konzept *Zahlvorstellungen*) und die Einsicht der Notwendigkeit der Verwendung von Einheiten (Konzept *Umgang mit Maßangaben*). Zum anderen schließt dieses Konzept die richtige Anwendung von Einheiten in entsprechenden Wägesituationen mit ein.

Diese beiden Konzepte (Zahlvorstellungen, Einheiten) bilden außerdem die Basis für die Fertigkeit *Umgang mit Maßangaben*. Ein Kind, das unzureichend rechnen kann und das wenig Vorstellungen über Einheiten hat, wird auch im Umgang mit Maßangaben Schwierigkeiten haben.

### Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“

Unter den Bereich **Gewichte vergleichen** sind zum einen die Konzepte von *Invarianz* und *Transitivität* für die Gewichtseigenschaft bzw. -relation von Objekten gefasst.

Die Invarianz ist eine Eigenschaft des Gewichts eines Körpers – das Gewicht ist invariant gegenüber Verformung und Zerteilung. Wenn ein Kind das weiß, hat es ein Konzept der Gewichtsinvarianz (kurz: Invarianzkonzept). Nach PIAGET kann Invarianz über die Identität des Materials, die Reversibilität der Verformung oder die Kompensation verschiedener Veränderungen begründet werden. Ein Kind muss nicht zwingend alle drei Begründungen angeben können, sondern kann z.B. in einem Kontext die Invarianz aufgrund der Identität erkennen, in einem anderen aufgrund nicht erkannter Kompensation die Invarianz in Frage stellen.

Die Transitivität ist eine Eigenschaft der „schwerer“-Relation. Weiß ein Kind, dass  $(A > B \wedge B > C) \rightarrow A > C$ , so hat es ein Konzept der Transitivität der „schwerer“-Relation (kurz: Transitivitätskonzept). Möglich ist, dass ein Kind die Transitivität zwar intuitiv erkennt, sie aber nicht verbalisieren kann.

Schließlich gehört zu diesem Bereich das Konzept zum *Gewichtsvergleich*. Hierunter wird verstanden, dass unter Zuhilfenahme verschiedener Ressourcen (direkter und indirekter Gewichtsvergleich, Lexika etc.) ein Vergleich vollzogen werden kann. Dazu ist das Wissen darüber notwendig, dass man Gewichte in Relation zueinander setzen kann. Damit der Gewichtsvergleich erfolgreich ist, spielt ein Konzept, das die *Dichte* als eigenständige Eigenschaft von Materie anerkennt, eine wichtige Rolle. Ohne dies fehlt das Verständnis dafür, in welchen Fällen ein Größenvergleich ausreicht, um das Ge-

wicht von Gegenständen zu vergleichen, und in welchen Fällen ein Auswiegen (manuell oder mit einer Waage) nötig ist. Bei der Dichte handelt es sich um einen eigenen Größenbereich. In dieser Arbeit erfolgt die Beschreibung im Rahmen des Konzepts Gewichtsvergleich, da in diesem Zusammenhang das Dichteverständnis eine relevante Rolle spielt.

### Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“

Ein weiterer Bereich ist **Gewichte bestimmen**, der als grundlegendes Element das Konzept *Wiegen als Vergleichsvorgang* beinhaltet. Dieses Konzept umfasst das Verständnis für das Auswiegen als Messvorgang. Jedes Messen ist ein Vergleichen mit (standardisierten) Vergleichsobjekten. Anders als bspw. bei der Größe Längen ist dieser Vergleichsvorgang bei der Größe Gewichte oftmals nicht transparent – die meisten Waagen zeigen beim Auswiegen keinen Vergleich (Ausnahme: Balkenwaage, Tafelwaage).

Das Konzept *Waagen* beinhaltet sowohl die generelle – auch namentliche – Kenntnis unterschiedlicher Waagen als auch die jeweils angemessene Auswahl für die entsprechende Situation.

Eng verzahnt mit diesem Konzept ist die Fertigkeit *Wiegen*; dieses Konzept umfasst den praktischen Umgang mit Waagen.

### Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“

Zum Bereich **Gewichte schätzen** gehören die Konzepte *Stützpunktwissen*, *Stützpunktvorstellungen* sowie die Fertigkeit *Schätzen*. Während das Konzept *Stützpunktwissen* das Faktenwissen über das Gewicht verschiedener Gegenstände und geeignete Standardrepräsentanten für bestimmte Gewichte umfasst, beinhaltet das Konzept *Stützpunktvorstellungen* zusätzlich abgespeicherte Vorstellungen über das Gewicht von Gegenständen („Wie fühlt sich das an?“). Das *Stützpunktwissen* sowie die *Stützpunktvorstellungen* (in Verbindung mit der Fertigkeit des *Gewichtsvergleich*) bilden eine wichtige Basis für die Fertigkeit *Schätzen*. Dabei wird unter Schätzen „das Ermitteln einer ungefähren Größenangabe durch gedankliches Vergleichen mit eingepprägten Repräsentanten“ verstanden (FRANKE 2003, 254). Dieses Zitat verdeutlicht, dass Schätzen von Raten zu unterscheiden ist. Im Gegensatz zu Raten handelt es sich beim Schätzen um einen komplexen Prozess von Wahrnehmung, Erinnerung, Inbeziehungsetzen, Runden und Rechnen (vgl. WINTER 1992, 19). Größen- und Stützpunktvorstellungen bilden die grundlegende Voraussetzung, um schätzen zu können, so dass die Verbindung dieser Konzepte erst einen angemessenen Schätzprozess ermöglicht, da durch das Inbeziehungsetzen eines bekannten und angemessen ausgewählten Repräsentanten zu dem zu schätzenden Gegenstand das Schätzen erst durchführbar wird. Der Schätzende weiß, dass es sich nicht um eine exakte Gewichtsbestimmung handelt. Dafür ist ein Bewusstsein erforderlich, welche Schätzgenauigkeit die jeweilige Situation erfordert.

Die Aufgliederung des Gewichtskonzepts in Teilkonzepte dient dazu, Aufgaben zu entwickeln, die helfen sollen, die vorhandenen Konzepte der Kinder aufzuspüren, indem in der Auswertung der Interviews den Teilkonzepten nachgegangen wird.

### **Zur Bewertung kindlicher Konzepte**

Konstruktivistisch betrachtet gibt es keine richtigen oder falschen, guten oder schlechten Konzepte, da der Konstruktivismus nur von subjektiven Wahrheiten ausgeht. Trotzdem wird die Leistung der Kinder in der Schule bewertet und eine Entwicklung erwartet. Maßgeblich hierfür ist die Annahme eines „wissenschaftlichen Konzepts“ von Gewicht, das sozusagen einen nach wissenschaftlichen Kriterien abgesicherten Konsens hinsichtlich der Größe Gewicht darstellt. Entsprechend werden die kindlichen Konzepte mit diesem wissenschaftlichen Konzept verglichen, indem das Wissen, die Vorstellungen sowie die Fertigkeiten der Kinder beschrieben werden.

Dabei erscheint die Beurteilung bei vielen Konzepten einfach: das Kind entscheidet beim Gewichtsvergleich entweder richtig oder falsch; das Kind bestimmt mit Hilfe der Waage das Gewicht eines Gegenstandes entweder richtig oder falsch; das Kind erkennt die Invarianz oder erkennt sie nicht; das Kind kann die Transitivität anwenden oder kann sie nicht anwenden; das Kind weiß, dass ein Kilogramm mehr ist als ein Gramm oder weiß es nicht etc.

Das einzige Konzept, bei dem die Beurteilung problematisch ist, ist das *Schätzen*. Nach RADATZ ET AL. (1999) sollte das Ziel des Grundschulunterrichts sein, dass Kinder Gegenstände in die „Gewichtskategorien (...) ungefähr 10g, ungefähr 100g, ungefähr 1000g“ (RADATZ ET AL. 1999, 232) einordnen können. Nicht angestrebt werden sollte nach ihrer Überzeugung, dass Kinder das Gewicht von Gegenständen „genau“ schätzen können, wobei sie dennoch zu weitergehenden Gewichtsschätzungen auffordern (vgl. ebd.). Dabei machen sie jedoch keine Angaben dazu, ab wann eine Schätzung als angemessen zu werten ist; insbesondere erläutern sie nicht, was es heißt, einen Gegenstand als z.B. „ungefähr 100g“ einzuordnen – wo sind die Grenzen nach unten und oben? Wiegt ein 50g schwerer Gegenstand „ungefähr 10g“ oder „ungefähr 100g“? Was ist mit einem Gegenstand, der 30g (oder 300g) wiegt?

Auch andere Autoren nennen keine wissenschaftlichen Standards, die den Rahmen für eine angemessene Beurteilung von Schätzungen geben. CLAYTON (1992, 77) hat eine Übersicht über Studien erstellt, in deren Rahmen Schätzungen von Anzahlen (also der Größe einer Menge) bewertet werden. Ein gemeinsamer Ausgangspunkt ist: Die Schätzangabe wird als gut bewertet, wenn sie – unabhängig von der Größe der Zahl – eine prozentuale Abweichung vom tatsächlichen Wert nicht unter- oder überschreitet. Alle von CLAYTON aufgeführten Studien verwenden dabei jeweils eigene Bewertungskriterien, wobei verschiedene Grade der prozentualen Abweichung zugrunde gelegt sind. Angewendet auf das Schätzen von Gewichten bedeutet dies z.B., dass bei einer tolerierten Abwei-

chung von 20% ein geschätztes Gewicht von 400g für einen Gegenstand von 500g gut ist. Eine Schätzung von 7g für tatsächliche 3g wäre dagegen schlecht, weil die Abweichung sogar jenseits von 100% liegt. CLAYTON kritisiert dieses lineare Bewertungsschema und präferiert eine logarithmische Funktion, die er für die Bewertung von Schätzungen für Anzahlen ab vier entwickelt hat.

Dieser Vorschlag lässt sich jedoch nicht ohne weiteres für die Bewertung von Gewichtsschätzungen heranziehen, da sich der Vorgang beim Schätzen von Anzahlen zu stark vom Vorgang der Gewichtsschätzung unterscheidet (eine kleine Menge kann leichter geschätzt werden als eine große, ein geringes Gewicht aber nicht unbedingt leichter als ein hohes). Eine Möglichkeit wäre, mit Hilfe einer statistischen Untersuchung der Frage nachzugehen, welche Schätzangaben als „gut“ und welche als „weniger gut“ angesehen werden.

Sowohl das Bewerten anhand des Einordnens in eine Größenordnung als auch das anhand einer prozentualen Toleranz stellt sich also problematisch dar – nicht nur im Rahmen dieser Arbeit, sondern für die Thematisierung im Unterricht ebenso, schließlich sollen die Kinderschätzungen dort reflektiert werden. Für die vorliegende Arbeit hat dies zur Folge, dass darauf verzichtet wird, die Schätzungen der Kinder zu bewerten. Die Analyse dieses Konzepts wird sich auf darauf beschränken, das Vorgehen der Kinder beim Schätzvorgang darzulegen.

### 3 Methodologischer und methodischer Rahmen

#### 3.1 Qualitative Forschung

Um den vorab formulierten offenen Fragen zur Beschreibung der Gewichtskonzepte von Drittklässlern nachzugehen, eignet sich eine Forschungsmethode, die „die Sichtweisen der beteiligten Subjekte, die subjektiven und sozialen Konstruktionen (...) ihrer Welt“ berücksichtigt (FLICK/ KARDOFF/ STEINKE 2005, 17). Diesem Anspruch stellt sich die so genannte qualitative<sup>37</sup> Methode, bei der es sich nach SELTER und SPIEGEL um die ergiebigste Möglichkeit handelt, „Einblicke in Denk- und Rechenwege von Kindern zu gewinnen“ (SELTHER/ SPIEGEL 1997, 100).

Der qualitative Ansatz hat seinen Ursprung in der Sozialforschung und hat sich seit den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in der empirischen Forschung neben der quantitativen Methode immer stärker etabliert, nachdem er sich lange gegen den Vorwurf behaupten musste, nicht wissenschaftlich zu sein. Dies hängt damit zusammen, dass die qualitative Forschung grundlegende Merkmale quantitativer Methoden nicht aufweist: standardisierte Verfahren mit großer Stichprobengröße, denen eine Hypothese

---

<sup>37</sup> Auf die in der Literatur zum Teil anzutreffende Diskussion über die Bedeutungsunterschiede *qualitativer* versus *interpretativer* Forschung gehe ich im Rahmen der Arbeit nicht näher ein (vgl. hierzu u.a. BECK/ MAIER 1993; OSWALD 1997).

zugrunde liegt, die falsifiziert oder verifiziert werden soll. Dagegen zeichnet sich die qualitative Methode durch Offenheit im Forschungsprozess aus, da die Methode durch den Verzicht auf die Standardisierung inhaltlich nicht so stark eingeschränkt ist. Die Ergebnisse sind dafür aber durch eine in der Regel geringe Stichprobengröße nicht verallgemeinerbar. „Qualitative Forschung versteht sich im Gegensatz zur quantitativen Vorgehensweise nicht als Hypothesen prüfendes, sondern als Hypothesen generierendes Verfahren“ (LAMNEK 2010<sup>5</sup>, 20). Dabei zielt

die konventionelle [d.i. die quantitative; D.R.] Methodologie darauf ab, zu Aussagen über Häufigkeiten, Lage-, Verteilungs- und Streuungsparameter zu gelangen, Maße für Sicherheit und Stärke von Zusammenhängen zu finden und theoretische Modelle zu überprüfen, (...) eine qualitative Methodologie [interessiert sich dagegen; D.R.] primär für das 'Wie' dieser Zusammenhänge und deren innere Struktur vor allem aus der Sicht der jeweils Betroffenen. (KIEFL/ LAMNEK 1984, 474)

Nach MERKENS (1997) lassen sich qualitative Studien zwei unterschiedlichen Richtungen zuweisen. Bei der einen Richtung handelt es sich um den Ansatz der *Grounded Theory* nach GLASER und STRAUSS<sup>38</sup>, bei dem auf jegliche Hypothesenbildung im Vorfeld der Untersuchung verzichtet wird, um die Forschungssituation nicht durch eine vorgefertigte Meinung zu beeinflussen und damit einzuschränken. Im anderen Fall, dem auch die vorliegende Untersuchung folgt, wird im Rahmen eines Forschungsprojektes einer vorab festgelegten Fragestellung nachgegangen.

Kennzeichnend ist der offene Charakter der theoretischen Konzepte, d. h. der ständige Austausch zwischen den qualitativ erhobenen Daten und dem zunächst noch vagen theoretischen Vorverständnis, sodass es zu einer fortwährenden Präzisierung, Modifizierung und Revision von Theorien und Hypothesen kommt. (LAMNEK 2010<sup>5</sup>, 80)

Die Auswertung der Daten vollzieht sich demnach im Wechselspiel zwischen Anwendung der Vorannahmen und der Offenheit gegenüber dem Neuen.

In der vorliegenden Studie finden sich die theoretischen Vorannahmen in den vorab formulierten Teilkonzepten eines Gewichtskonzepts und der darauf bezogenen Fragestellung, wie sich kindliche Konzepte beschreiben lassen. Bei der Auswertung der Daten wird den Aspekten der Teilkonzepte in den Aussagen und Handlungen der Kinder nachgegangen. Dabei können Phänomene zu Tage treten, die sich den Teilkonzepten nicht zuordnen lassen, was zu einer Erweiterung oder Veränderung der vor der Studie formulierten Teilkonzepte führen kann. „Solche qualitativen Veränderungen von impliziten und expliziten Vorstellungsmustern sind mittels rein quantitativer Untersuchungsanlagen nur schwer nachweisbar“ (MAYRING 2003, 67), weshalb mit einer quantitativen Untersuchung die Zielstellung der Arbeit nicht hätte erreicht werden können. Mit der Wahl

---

38 Vgl. hierzu LAMNEK 2010<sup>5</sup>, FLICK ET AL. 2005



der qualitativen Methode lässt sich die Arbeit innerhalb der Mathematikdidaktik dem Zweig der Interpretativen Unterrichtsforschung zuordnen (vgl. hierzu BECK/ MAIER 1994; KRUMMHEUER/ NAUJOK 1999; VOIGT 1996).

### 3.1.1 Das Leitfadeninterview

Die im Rahmen der Studie eingesetzte Forschungsmethode des Leitfadeninterviews<sup>39</sup> stellt ein Verfahren des qualitativen Ansatzes dar. Leitfadeninterviews zeichnen sich dadurch aus, dass dem Interviewer ein Fragenkatalog vorliegt, der den Ablauf des Interviews festlegt. Dabei werden in jedem Interview alle Fragen gestellt. Dieser Fragenkatalog entsteht aufgrund der theoretischen Auseinandersetzung mit einem Thema und dient einerseits dazu, dass sich mit Hilfe der Leitfragen das Forschungsfeld eingrenzen und im Rahmen des Interviews strukturieren lässt. Andererseits ermöglicht es die Vergleichbarkeit verschiedener Einzelinterviews untereinander. Im Gegensatz zu standardisierten Verfahren sind allerdings keine Antwortvarianten vorgegeben, sondern der Befragte antwortet und agiert frei auf die gestellten Fragen. Dies führt dazu, dass sich trotz des vorliegenden Fragenkatalogs ein Gespräch entwickelt, bei dem der Interviewer durch freies Nachfragen die Möglichkeit hat, noch weitergehende Informationen zum Forschungsgegenstand zu erhalten. Besonders in der Grundschulforschung haben sich Interviewformen des qualitativen Ansatzes etabliert,

um Denkweisen, Lerngewohnheiten, Arbeitsstile, Erwartungen, Interessenentwicklung und Verarbeitungsmuster von Schülerinnen und Schülern aus ihrer subjektiven Perspektive erfassen und bei der pädagogischen Arbeit in der Schule berücksichtigen zu können. (HEINZEL 1997, 399)

In der vorliegenden Studie wurden die Leitfragen ausgehend von den vorab definierten Teilkonzepten des Gewichtskonzepts (vgl. Kap. B 2) entwickelt. Dabei wurde darauf geachtet, durch verschiedenartige Aufgaben möglichst viele Aspekte der Teilkonzepte abzudecken. Außerdem wurde durch die Abfolge der Aufgaben im Interviewverlauf versucht, den Lerneffekt für folgende Aufgaben möglichst gering zu halten. „Die Intention des Interviews ist vorrangig ermittelnd und nicht vermittelnd, wenngleich man sich bewusst sein muss, dass die Ermittlung von Vorstellungen immer auch bis zu einem gewissen Grad Vermittlung beinhaltet“ (RUTKE 2006, 113).

### 3.1.2 Auswertung bei Leitfadeninterviews

Die Dokumentation von Leitfadeninterviews erfolgt in der Regel in Form von Audio- oder Videoaufzeichnungen. Videoaufzeichnungen bieten dabei den Vorteil, dass neben den verbalen Reaktionen auch nonverbale wie Mimik und Gestik sowie Handlungen mit in die Analyse einfließen können. In der vorliegenden Studie liegt – bedingt durch die

---

<sup>39</sup> *Leitfadeninterviews* werden in der Literatur auch häufig mit dem Begriff *halbstandardisiertes* oder *teilstrukturiertes Interview* bezeichnet (vgl. FRIEBERTSHÄUSER 1997, 374 und HEINZEL 1997, 402).

Konzeption der Aufgaben – gerade auch auf der Analyse der Schülerhandlungen ein großer Schwerpunkt.

Nach LAMNEK (2010<sup>5</sup>, 367ff.) erfolgt die Auswertung von qualitativen Interviews in vier Schritten: (1) Transkription, (2) Einzelanalyse, (3) generalisierende Analyse und (4) Kontrollphase.

Die Transkription (1) dient dazu, die Daten durch wiederholtes Lesen des Textes analysieren zu können. Dabei ist die Wahl der Transkriptionskonventionen stark vom Forschungsziel abhängig, je nach Forschungsgebiet werden hierbei unterschiedliche Schwerpunkte auf die Form der Notation von Pausen, Betonungen, Aussprache etc. gelegt. Bei der Transkription von Videos können außerdem Mimik, Gestik und Handlungsgeschehen mit angeführt werden.

An die Transkription schließt sich die Einzelanalyse (2) an: das entstandene Textmaterial wird interviewweise in Bezug auf den Forschungsgegenstand ausgewertet. SCHMIDT (1997) spricht hierbei von der *Bestimmung von Auswertungskategorien*, die sich durch mehrfaches Lesen und Analysieren der Transkripte herauskristallisieren. Dabei lenken

das eigene theoretische Vorverständnis und die Fragestellungen (...) beim Lesen der Transkripte die Aufmerksamkeit. Ziel ist, für jedes einzelne Interviewtranskript die vorkommenden Themen und deren einzelne Aspekte, die sich – in einem sehr weiten Sinn – dem Zusammenhang der Fragestellung(en) zuordnen lassen, zu notieren. (SCHMIDT 1997, 449)

Diese Themenaufzählung wird anschließend zu einem Kodierleitfaden (vgl. SCHMIDT 1997, 451) kategorisiert. In der vorliegenden Studie geschieht dies unter starker Bezugnahme zu den formulierten Teilkonzepten des Gewichtskonzeptes. Der Kodierleitfaden dient anschließend dazu, die für die Fragestellung relevanten Abschnitte der einzelnen Interviews unter den gleichen Gesichtspunkten zu analysieren und zu klassifizieren.

In der dritten Phase, die LAMNEK (2010<sup>5</sup>) als generalisierende Analyse (3) bezeichnet, werden die Ergebnisse der einzelnen Interviews miteinander verglichen, um prägnante Gemeinsamkeiten oder Unterschiede in den Vorstellungen und Vorgehensweisen beschreiben zu können.

Abschließend folgt eine Kontrollphase (4), in der die erhaltenen Ergebnisse noch einmal vor dem einzelnen Interviewkontext hinterfragt werden. Dies ist erforderlich, da mit dem reduktiven Umgang des Materials während des Analysevorgangs ein Informationsverlust und u.U. auch eine Informationsveränderung einhergehen kann, die durch die abschließende Kontrollphase aufgedeckt werden können. Es muss also noch einmal kontrolliert werden, ob die Ergebnisse auch im Hinblick auf den gesamten Interviewkontext tragfähig bleiben.

In der vorliegenden Studie erfolgte die Auswertung der Interviews in einer modifizierten Weise der oben dargestellten Abfolge. Aufgrund der Vielzahl der Interviews (89)

war es nicht möglich, alle Interviews zu transkribieren. Aus diesem Grund wurden die Interviews in Hinblick auf die Teilkonzepte analysiert und dadurch auf ihre Ergiebigkeit geprüft. Dies erfolgte in Anlehnung an das Vorgehen von NÜHRENBÖRGER (2002, 159), der für alle Interviews Episodenpläne erstellt hat, in denen der Interviewinhalt zusammengefasst und die für die Fragestellung relevanten Passagen transkribiert und ausführlich beschrieben wurden.

Im Sinne eines „*Übersichts-Transkripts*“ stellen die einzelnen Episodenpläne die umfangreichen Daten (...) systematisch gebündelt dar, so dass sie als zentrale Datenquelle für die Auswahl der interessant oder auffällig erscheinenden Fallbeispiele und Interviewszenen verwendet werden konnten, die ausführlich transkribiert werden sollten. (NÜHRENBÖRGER 2002, 159)

Es handelte sich also um eine stark abstrahierende Transkription: keine wörtliche, aber viel kommentierende und protokollierende Transkription.

Die Transkription wurde demnach auf die für die Fragestellung relevanten Interviewabschnitte eingeschränkt. Mit Hilfe der Episodenpläne wurden die Auswertungskategorien und somit der Kodierleitfaden zusammengestellt (s. Anhang A). Dabei wurden zum einen die Teilkonzepte eines Gewichtskonzepts als vorab formulierte Kategorien an das Material herangetragen, zum anderen wurde das Interview im Hinblick auf die offener gestellten Forschungsfragen hin analysiert, wodurch eine Erweiterung der Kategorien durch vorher nicht erwartete Vorstellungen und Reaktionen erfolgte. Dieses offene, sich wechselseitig bedingende Vorgehen entspricht dem qualitativen Ansatz, bei dem der Forschungsprozess einerseits durch theoretische Vorüberlegungen und andererseits durch das Material gelenkt wird (s.o.; vgl. auch MEINEFELD 2005, 272ff.).

## 3.2 Das Untersuchungsdesign

An der Studie nahmen 15 Schüler (Auswahlkriterien s. S. 80) eines dritten Schuljahres einer Schule aus NRW teil. Vor der eigentlichen Untersuchung wurde ein schriftlicher Test mit Aufgaben zur Größe Gewicht durchgeführt, der dazu diente, vorab einen Überblick über die Leistungen der Schüler zu erhalten.

Die Schüler wurden in drei Interviews zu ihrem Wissen, ihren Vorstellungen, Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Größenbereich Gewichte interviewt. Da die individuellen Konzepte der Kinder erfasst werden sollten, handelte es sich um Einzelinterviews. Das erste Interview (November 2004) erfolgte, bevor eine unterrichtliche Behandlung der Größe Gewicht stattfand. Im Februar 2005 führte die Fachlehrkraft eine Unterrichtseinheit zur Größe Gewicht durch. Unmittelbar im Anschluss an diese Einheit folgte das zweite Interview. Das dritte und damit letzte Interview wurde vor den Sommerferien (Ende Juni/ Anfang Juli 2005) durchgeführt.

Durch diese Dreistaffelung konnten zunächst die „vorunterrichtlichen“ und dann die durch den Unterricht möglicherweise veränderten Konzepte der Kinder erfasst und evaluiert werden. Dabei wurde sowohl der Entwicklungsstand unmittelbar nach der Unterrichtseinheit als auch etwa vier Monate später betrachtet. Die Interviews wurden für die verschiedenen Untersuchungszeitpunkte bezüglich des verwendeten Materials variiert, da allgemeinere Vorstellungen und nicht auf konkrete Gegenstände bezogene Lernerfolge erfasst werden sollten. Außerdem sollte die Erinnerung der Schüler an Aufgabentypen aus vorangegangenen Interviews erschwert werden. Die Struktur der Aufgaben wurde dagegen in allen drei Interviews beibehalten, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den einzelnen Interviews zu ermöglichen.

Im Rahmen der Auswertung des ersten Interviews ergaben sich weitergehende Fragestellungen, die dazu führten, dass die folgenden Interviews um zusätzliche Aufgaben erweitert wurden. Auch wenn sie nicht unter dem Aspekt der Lernentwicklung analysiert werden können, geben sie zusätzliche Informationen über Denkweisen und Vorstellungen.

Die Interviews wurden in Form von Leitfadeninterviews konzipiert (s. Kap. B 3.1; B 3.5). Die Aufgabenentwicklung orientierte sich an den Teilkonzepten (s. Kap. B 2). Es wurde darauf geachtet, möglichst viele Aspekte der Konzepte aufzugreifen und abzudecken.

Der schriftliche Test sowie die Interviewaufgaben wurden zunächst im Rahmen einer Pilotstudie eingesetzt, um evaluieren zu können, inwieweit die Aufgaben sich eignen, um Aussagen über das Denken und die Vorstellungen der Kinder in Bezug auf den Größenbereich Gewichte machen zu können. Im Rahmen dieser Pilotstudie stellte sich heraus, dass es sich um ein verhältnismäßig großes Aufgabenkorpus handelt, das für ein einziges Interview zu umfangreich ist. Daher wurden die Fragen auf zwei Interviewteile aufgeteilt, um eine Interviewdauer von ungefähr 30 bis 45 Minuten einhalten zu können.

### **3.3 Der schriftliche Test**

Beim schriftlichen Test handelte es sich um einen so genannten „Paper-and-Pencil-Test“, der von den Kindern in Einzelarbeit bearbeitet wurde und bei dem sie keine Möglichkeit hatten, sich die Lösungen durch vorgegebenes Anschauungsmaterial handelnd zu erarbeiten. Jedes Kind bearbeitete den Test in der Zeit, die es dafür benötigte, also ohne Zeitvorgabe.

Die Entwicklung der Aufgaben orientierte sich an den o.g. Teilkonzepten eines Gewichtskonzepts, allerdings konnten verständlicherweise nicht alle Teilkonzepte im Rahmen des schriftlichen Tests aufgegriffen werden. Bei der Gestaltung der Aufgaben wurde auf einen minimalen Textumfang geachtet, um zu vermeiden, dass eventuelle Schwächen in der Lesekompetenz zu einem Hindernis in der Bearbeitung des Tests führen. Im Folgenden werden die einzelnen Seiten des Testheftes vorgestellt und die jeweiligen

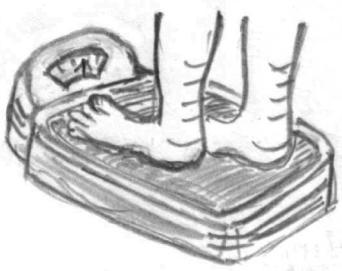
Zielsetzungen der Aufgaben erläutert. Abschließend erfolgt ein kurzer Verweis auf die jeweils korrespondierenden Teilkonzepte.

Für die Auswertung des schriftlichen Tests wurde ein Punktesystem entwickelt, mit dem die Antworten der Schüler bewertet wurden. So ergab sich eine Rangfolge, mit deren Hilfe eine Einschätzung der Vorkenntnisse erfolgen konnte.

#### **Deckblatt**

## **Gewichts-Knobelheft**

Name: \_\_\_\_\_



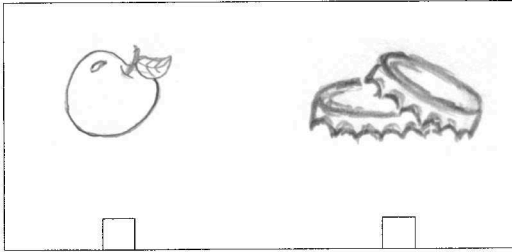
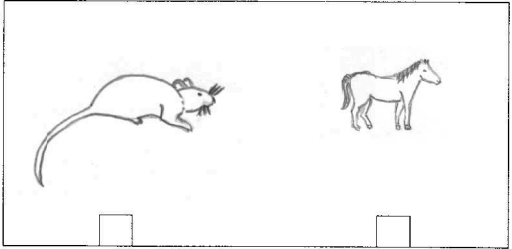
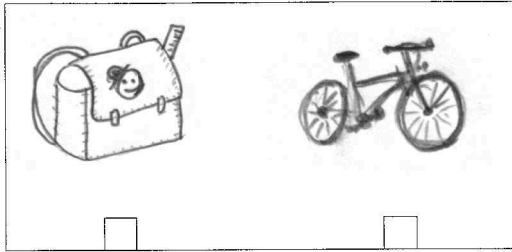
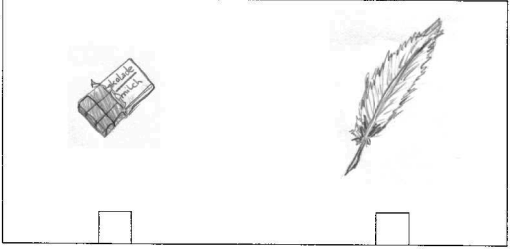
Weißt du, wie schwer du bist? \_\_\_\_\_

Zusätzlich zu der Information des Namens für die anschließende Zuordnungsmöglichkeit des „Knobelheftes“<sup>40</sup> werden die Kinder nach ihrem Gewicht gefragt. Neben der Information, ob sie ihr Gewicht wissen, gibt die Notation des Gewichts Aufschluss über das kindliche Konzept von Maßzahl und Einheit. So ist interessant zu sehen, ob das Kind eine Einheit – und wenn ja welche – notiert. Die notierte Zahl in Form von natürlicher oder Dezimal-Zahl kann Aufschluss darüber geben, mit welchem Personenwagentyp das Kind zu Hause oder beim Arzt in Berührung kommt.

<sup>40</sup> Der schriftliche Test wurde für die Kinder mit der Bezeichnung „Knobelheft“ betitelt, um einem möglicherweise entstehenden Leistungsdruck entgegenzuwirken.

**Aufgabe 1: „Was ist schwerer? Kreuze an!“**




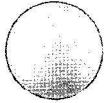


Was ist schwerer? Kreuze an!

1		3	
2		4	

Auf diesen Seiten werden die Kinder dazu aufgefordert, Gegenstände hinsichtlich ihres Gewichtes miteinander zu vergleichen. Dabei wurde die Bildgröße so gewählt, dass sie keinen Rückschluss auf das Gewicht des abgebildeten Objekts zulässt. So sind entweder die Bilder der beiden Objekte gleich groß, oder das Bild des leichteren Gegenstands ist größer. Ziel dieses Aufgabentyps ist es, zu evaluieren, ob die Schüler zum einen Gewichtsvorstellungen haben und diese intern vergleichen können und ob sie sich zum anderen durch die optische Darstellung beeinflussen lassen.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> Bei einigen im Testheft verwendeten Bildern besteht die Problematik, dass immer wieder entschieden werden muss, ob es sich um die Abbildung eines realen Gegenstandes oder eines Spielzeuggegenstandes handelt. Die Auswertung des Tests zeigte jedoch, dass die Schüler diesbezüglich keine Schwierigkeiten hatten, also stets einen realen Gegenstand annahmen.

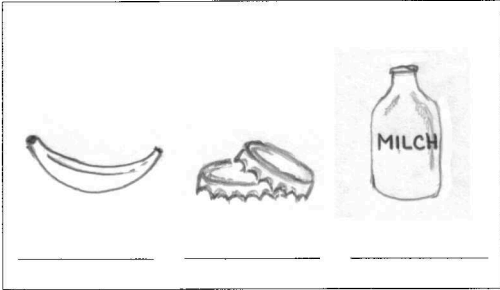
**Aufgabe 2: „Wie schwer sind die Sachen? Schätze das Gewicht und schreibe es auf!“**

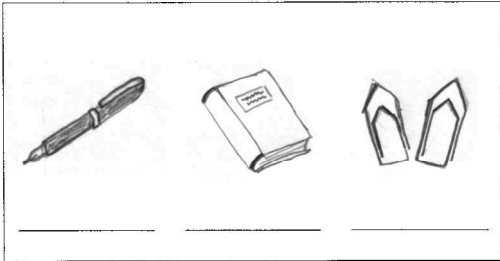
Wie schwer sind die Sachen? Schätze das Gewicht und schreibe es auf!	
1	 Ranzen _____
2	 Apfel _____
3	 Elefant _____
4	 Tischtennisball _____
5	 Flasche Milch _____
6	 Fahrrad _____

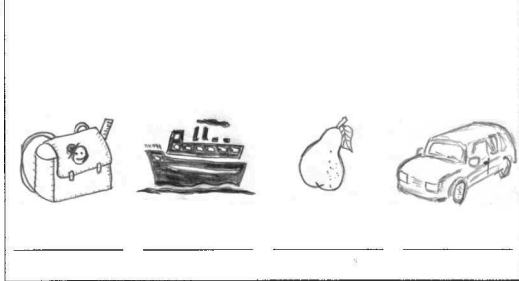
Bei dieser Aufgabe wird überprüft, ob und inwieweit die Kinder Gewichtsvorstellungen und Stützpunktwissen haben und in der Lage sind, diese in der angegebenen Situation anzuwenden. Außerdem ist auch hier wieder die Notation der Größenangabe interessant. Des Weiteren stellt sich die Frage, inwieweit man aus den Angaben der Kinder Rückschlüsse darauf ziehen kann, ob sie ihre Schätzungen zueinander in Beziehung gesetzt haben.

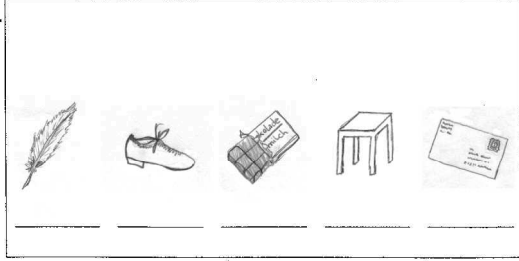
**Aufgabe 3: „Ordne die Sachen nach ihrem Gewicht! Beginne beim leichtesten mit der Zahl 1!“**

Ordne die Sachen nach ihrem Gewicht! Beginne beim leichtesten mit der Zahl 1!

1 

2 

3 






4 

Bei dieser Aufgabe sollen die Kinder noch einmal Gegenstände hinsichtlich ihres Gewichtes vergleichen, allerdings sind diesmal nicht nur zwei, sondern drei, vier oder fünf Objekte miteinander zu vergleichen und in eine Ordnung zu bringen. Die jeweiligen Bildgrößen wurden möglichst gleich gewählt, um eine visuelle Beeinflussung der Schüler auszuschließen. Neben der Fähigkeit des Schätzens wird hier zusätzlich von den Schülern gefordert, sich aus der Vielzahl der möglichen Vergleiche die relevanten zu merken und die „geschätzten“ Gewichte miteinander zu vergleichen, um anschließend eine Reihenfolge festlegen zu können. Bei dieser Aufgabe spielt unter Umständen auch die Anwendung der Transitivität eine Rolle.



**Aufgabe 4: „Wie schwer sind die Sachen? Ordne zu!“**

Wie schwer sind die Sachen? Ordne zu!

	250 g
	1500 g
	1000 g
	15 g
	400 g

Auch bei dieser Aufgabe müssen die Schüler das Gewicht der einzelnen Gegenstände schätzen. Allerdings können sie dabei die vorgegebenen Maßangaben nutzen, indem sie sie mit vorhandenem Stützpunktwissen abgleichen. Auch das Ausschlussverfahren kann eine Hilfe für die richtige Zuordnung bieten. Die Beispiele wurden so gewählt, dass es sich um eindeutige Zuordnungen handelte.

**Aufgabe 5: „Gramm oder Kilogramm? Schreibe g oder kg!“**

Gramm oder Kilogramm? Schreibe g oder kg!

1



20 \_\_\_\_

4



1 \_\_\_\_

2



25 \_\_\_\_

5



1 \_\_\_\_

3



100 \_\_\_\_

6



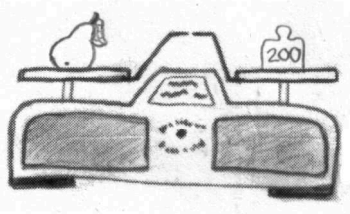
10 \_\_\_\_

Diese Aufgabe befasst sich mit den Einheiten Gramm und Kilogramm. Die Schüler müssen die Größenordnung des Gewichts einschätzen, um zu entscheiden, welche der beiden Einheiten im Zusammenhang mit dem Bild und der dazugehörigen Maßzahlangebe sinnvoll ist. Hierbei wird deutlich, ob die Schüler bereits eine Vorstellung der Größenordnung besitzen und ob sie die Einheiten Gramm und Kilogramm richtig verwenden können.

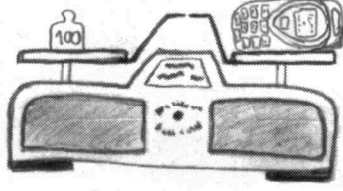
**Aufgabe 6: „Wie viel wiegen die Sachen? Schreibe auf!“**

**Wie viel wiegen die Sachen? Schreibe auf!**

**1**

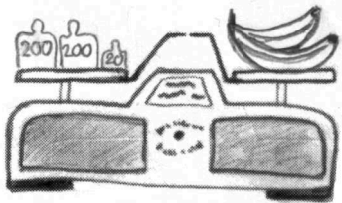


**2**

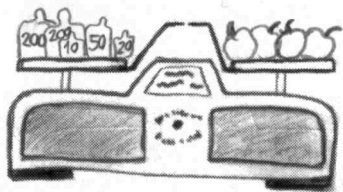


---

**3**

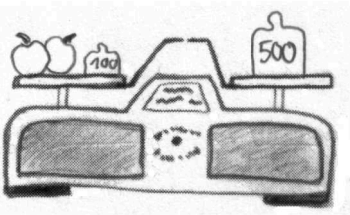


**4**

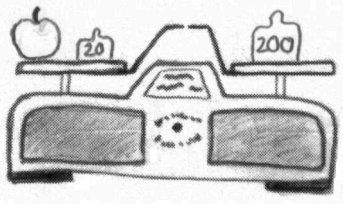


---

**5**



**6**



Diese Aufgabe überprüft, ob die Kinder in der Lage sind, das Gewicht von mit einer Tafelwaage gewogenen Gegenständen abzulesen. Die Teilaufgaben sind in ihrem Schwierigkeitsgrad gestaffelt. So ist bei den ersten beiden Wägungen nur jeweils ein Gewichtsstein verwendet worden, bei den nächsten beiden Wägungen müssen die Gewichtssteine summiert werden, um das Wäageergebnis richtig angeben zu können, und bei den letzten beiden Wägungen befinden sich Gewichtssteine auf beiden Seiten der Waagschalen, so

dass eine Subtraktion erforderlich ist. Auch bei dieser Aufgabe kann die Notationsweise der Maßangabe ausgewertet werden.

### 3.4 Auswahl der Kinder

Die Auswahl der Kinder für die Teilnahme an den Interviews erfolgte nach einem „eingeschränkten“ Zufallsprinzip: relevant für die Auswahl war eine Streuung der unterschiedlichen Leistungsgruppen, so dass eine Leistungsheterogenität gegeben war, sowie eine Ausgewogenheit des Mädchen-Jungen-Verhältnisses; soziale Hintergründe spielten bei der Auswahl keine Rolle.

Um einen Einblick in das Leistungsspektrum zu erhalten, wurde der schriftliche Test eingesetzt, der dazu diente, die Kenntnisse der Schüler bezogen auf die Größe Gewicht bereits vorab zu klassifizieren. Dabei wurde der Test mithilfe eines Punkteschemas ausgewertet und die Kinder in die drei Leistungsgruppen *leistungsstark*, *durchschnittlich* und *leistungsschwach* eingeteilt. Die Ergebnisse des Tests wurden mit den Einschätzungen der Lehrkraft bezogen auf das Leistungsvermögen der einzelnen Schüler verglichen, wobei die Einschätzung der Fachlehrerin sich hauptsächlich auf die arithmetischen Leistungen bezog. Dadurch fanden sich auch Fälle, bei denen die Lehrereinschätzung nicht mit dem Testergebnis übereinstimmte. Das lässt sich darauf zurückführen, dass die Vorkenntnisse der Schüler zum Größenbereich Gewichte bis dato noch keine Rolle gespielt hatten und dass gute oder schlechte Leistungen im arithmetischen Bereich nicht unbedingt eine aussagekräftige Grundlage für das Leistungsvermögen in anderen Bereichen – insbesondere „alltagsnäheren“ Bereichen – bilden müssen. Dennoch war es sinnvoll, auch die Lehrereinschätzung zu beachten, da so vermieden werden konnte, dass zufälligerweise aus der Gruppe der leistungsstarken Schüler nur Kandidaten ausgewählt wurden, die in anderen mathematischen Teilbereichen als eher leistungsschwach einzustufen waren. Da beim Umgang mit der Größe Gewichte aber verschiedene (mathematische) Kompetenzen von Bedeutung sind, war es erforderlich, auch dies in die Auswahl mit einzubeziehen. Bei den Kindern, bei denen Lehrereinschätzung und Testergebnis voneinander abweichen, kann dies bei der Analyse der Ergebnisse mit einfließen.

In die Auswertung der Interviewergebnisse fließen nur die Interviews von 13 der 15 interviewten Kinder mit ein, da bei zwei Kindern die Interviewaufnahmen aufgrund von zu geringer Tonqualität nicht verwendet werden konnten. Hierbei handelt es sich um ein Mädchen und um einen Jungen, so dass das Mädchen-Jungen-Verhältnis nicht nachteilig verändert wurde. Auch der Aspekt der Leistungsheterogenität wurde glücklicherweise dadurch nicht wesentlich tangiert, da es sich um ein eher leistungsstarkes sowie um ein eher leistungsschwaches Kind handelt.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über das Alter sowie die Leistungseinschätzung durch die Lehrerin für die Kinder, die an der Untersuchung teilgenommen haben.

Name (anonymisiert)	Alter des Kindes beim ersten Interview (Jahre; Monate)	Lehrereinschätzung	Testergebnis (schriftlicher Test)
Anja	9;3	leistungsstark	leistungsstark
Annegret	10;0	leistungsschwach	leistungsschwach
Barkan	9;6	leistungsschwach	leistungsstark
Christoph	8;7	durchschnittlich	leistungsschwach
Fine	8;11	durchschnittlich	durchschnittlich
Gregor	9;4	durchschnittlich	leistungsstark
Johanna	9;6	leistungsschwach	leistungsstark
Kasim	10;2	leistungsschwach	leistungsschwach
Lisa	8;9	leistungsschwach	leistungsschwach
Manuel	9;4	leistungsschwach	leistungsschwach
Marlene	8;8	durchschnittlich	durchschnittlich
Martin	8;9	leistungsstark	durchschnittlich
Thorsten	8;6	leistungsstark	durchschnittlich
Verena	8;2	durchschnittlich	durchschnittlich
Veronika	9;5	leistungsstark	leistungsstark

### 3.5 Die Interviewaufgaben

Im Folgenden werden der Aufbau sowie die Aufgaben der beiden Interviews vorgestellt, indem jede Aufgabe erläutert und in Hinblick auf ihre Zielsetzung analysiert wird. Die Aufgaben wurden in Korrespondenz mit den Teilkonzepten des Größenbereichs Gewichte konzipiert mit dem Ziel, bei der qualitativen Auswertung der Ergebnisse möglichst zu allen Teilkonzepten das Denken und die Vorstellungen der Kinder analysieren zu können.

Während sich die Aufgaben des ersten Interviews schwerpunktmäßig mit der Thematik des Gewichtsvergleichs beschäftigen, stand im zweiten Interview das Schätzen von Gewichten und der Umgang mit Waagen sowie die Auseinandersetzung mit einer in eine Alltagssituation eingebetteten Gewichtsaufgabe im Vordergrund.

Zu Beginn der Interviews wurden die Schüler in die Interviewsituation eingeführt, indem zum einen der „Kameramann“ vorgestellt sowie zum anderen auf die für das Interview relevanten Materialien hingewiesen wurde. Hierbei wurde explizit betont, dass während des Gesprächs mit dem jeweiligen Aufgabenmaterial handelnd gearbeitet wird und die Schüler jederzeit auch auf weiteres Material zurückgreifen dürfen. Von Vorteil in diesem Zusammenhang erschien, dass die Schüler einen handlungsorientierten Unterricht gewöhnt waren, so dass der handelnde Umgang mit Materialien bekannt war. Des

Weiteren wurde Wert darauf gelegt, den Schülern zu erklären, dass ein wiederholtes Nachfragen des Interviewers nicht auf eine falsche Antwort hinweist, sondern dass für den Interviewer der „Weg zum Ergebnis“ und nicht nur das Ergebnis selber wichtig ist. Die Schüler wurden aufgefordert, „laut zu denken“ und damit immer wieder zu erklären, wie sie zu ihrem Ergebnis gelangt sind.

### 3.5.1 Interviewteil 1: Gewichtungsvergleich

**Aufgabe 1.1a:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich große Gegenstände<sup>42</sup>: *Welche(s/r) Paket/Dose/Umzugskarton ist schwerer?*

Bei dieser Aufgabe geht es darum, zu sehen, wie das Kind seine Entscheidung trifft: Entscheidet es sich auf der Grundlage eines visuellen Vergleichs oder vergleicht es die Gegenstände manuell? Aus Alltagssituationen kann den Kindern bekannt sein<sup>43</sup>, dass eine Entscheidung aufgrund eines Größenvergleichs nicht unbedingt zum Erfolg führt, dass die Größe also kein hinreichendes Entscheidungskriterium darstellt. Deswegen ist es interessant, herauszufinden, ob das Kind einen manuellen Vergleich dem visuellen Vergleich vorzieht oder sogar für den Einsatz einer Waage plädiert. In der Entscheidungsbegründung wird deutlich, auf welche Vorstellungen sich das Kind stützt. Entweder erklärt es, dass größere Gegenstände schwerer sind als kleinere oder dass das Gewicht der Gegenstände im vorliegenden Fall vom jeweiligen nicht sichtbaren Inhalt abhängt und deswegen ein manueller oder waagenbasierter Vergleich nötig ist.

In dieser Aufgabe spielt folgendes Teilkonzept eine Rolle: *Gewichtungsvergleich*

**Aufgabe 1.1b (nur 2. und 3. Interview):** Vor dem Kind liegen fünf verschiedene Geschenke, die in Größe und Gewicht variieren: *Welches Geschenk ist am schwersten?*

Diese Aufgabe entspricht in ihrer Struktur der vorangegangenen Aufgabe. Das Kind soll entscheiden, welches der vor ihm liegenden Geschenke am schwersten ist. Da die Geschenke unterschiedlich groß sind, besteht auch hier die Möglichkeit, dass das Kind die visuell wahrnehmbare Eigenschaft Größe als Entscheidungsgrundlage wählt. Im Gegensatz zur vorangegangenen Aufgabe muss es hier mehrere Vergleiche durchführen. Dabei ist es interessant, zu beobachten, ob das Kind das Gewicht der Geschenke einzeln zu erfassen versucht oder paarweise miteinander vergleicht und ob es dabei eine erkennbare Strategie verfolgt.

In dieser Aufgabe spielt folgendes Teilkonzept eine Rolle: *Gewichtungsvergleich*

---

42 1. Interview: großes leichtes Paket – kleines schweres Paket; 2. Interview: große schwere Dose – kleine leichte Dose, 3. Interview: großer leichter Umzugskarton – kleiner schwerer Umzugskarton

43 Die Kinder werden z. B. schon einmal erlebt haben, dass bei zwei Geschenken ein größeres, z. B. gefüllt mit Lego, leichter war als ein kleineres, in dem sich z.B. ein Buch befand.

**Aufgabe 1.2:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Gegenstände<sup>44</sup>, der Gewichtsunterschied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehmbar: *Was ist schwerer?*

Auch bei dieser Aufgabe ist das Kind dazu aufgefordert, zwei Gegenstände bzgl. ihres Gewichts miteinander zu vergleichen. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Aufgaben handelt es sich allerdings um zwei Gegenstände mit einem sehr ähnlichen Gewicht, so dass ein manueller Vergleich wohl nur zufällig zu einem richtigen Ergebnis führt. Nachdem das Kind sich für einen der beiden Gegenstände als den schwereren oder dafür, dass beide Gegenstände gleich schwer sind, entschieden hat, vergleicht der Interviewer die beiden Gegenstände per Handwaage miteinander und entscheidet sich für ein anderes Ergebnis als das Kind. Dadurch entsteht die Frage, welche der beiden Entscheidungen richtig ist. Das Kind wird verbal aufgefordert, die Konfliktsituation zu lösen. Wenn es den Waageneinsatz als Kontrollmöglichkeit vorschlägt, wird es während des sich anschließenden Wägevorgangs zur Funktions- und Umgangsweise der gewählten Waage befragt.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtvergleich; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen sowie Wiegen*

**Aufgabe 1.3 (nur 2. und 3. Interview):** Vor dem Kind liegen 5 (3. Interview: 6) unterschiedlich große Papp-Platten sowie eine Stahl- (3. Interview: Moosgummi-)Platte: *Welche Papp-Platte ist genauso schwer wie diese Stahlplatte/Moosgummiplatte?*

Bei dieser Aufgabe spielt es wieder eine große Rolle, inwieweit sich das Kind von einem visuellen Eindruck beeinflussen lässt, da es jeweils eine Papp-Platte gibt, die genauso groß ist wie die Stahl- bzw. die Moosgummiplatte. Das Kind könnte deshalb eine Entscheidung auf visueller Grundlage treffen, die sich mit der Aussage „gleich groß“ unter Ausblendung anderer Materialeigenschaften begründen lässt. Im Falle des manuellen Vergleichens ist die Frage, ob das Kind hier eine erkennbare Strategie verfolgt.

In dieser Aufgabe spielt folgendes Teilkonzept eine Rolle: *Gewichtvergleich; (Transitivität)*

**Aufgabe 1.4:** Vor dem Kind liegen eine Knetkugel (bzw. eine Knetrolle) sowie Knetmasse: *Forme eine Kugel (bzw. Rolle), die genauso schwer ist wie diese Kugel (bzw. Rolle).*

Diese Aufgabe ist an eine Aufgabe aus PIAGETS Interviews angelehnt. Im Unterschied zu der PIAGET-Aufgabe (vgl. Kap. A 4.1) haben die in dieser Studie eingesetzte Knetmasse der vorliegenden Knetkugel und die dem Kind zur Verfügung stehenden Knetmasse eine unterschiedliche Dichte, so dass eine Orientierung an der Größe beim Kneten der geforderten Kugel nicht zu einem richtigen Ergebnis führt. Dies war den Kindern allerdings

---

44 1. Interview: Packung Taschentücher – Audiokassette; 2. Interview: Packung Servietten – Packung Pralinen; 3. Interview: Packung Servietten – CD-Hülle mit CD

nicht bekannt, so dass eine Orientierung an der Größe der Vergleichskugel während des Knetens nicht automatisch darauf hinweist, dass dem Kind nicht bewusst ist, dass die Größe nicht unbedingt ein hinreichendes Kriterium für eine Gewichtsgleichheit darstellt. Es ist dennoch aufschlussreich zu beobachten, wie das Kind bei der Bearbeitung vorgeht: Prüft es das Gewicht der Vergleichskugel vor und während des Knetvorgangs? Überwiegt im Falle des manuellen Vergleichs während des Knetvorgangs der manuelle oder der visuelle Eindruck? Vergleicht das Kind abschließend das Gewicht der beiden Kugeln manuell miteinander?

Wenn das Kind abschließend die Ansicht vertritt, die beiden Kugeln seien gleich schwer, erhält es die Gelegenheit, das Gewicht der beiden Kugeln mithilfe der Tafelwaage zu vergleichen und ggf. eine Korrektur vorzunehmen. Das Korrekturvorgehen des Kindes gibt Aufschluss darüber, inwieweit der beobachtbare Wägevorgang und die anschließende Waagenstellung verstanden werden. So ist es möglich, dass das Kind aus dem Wägevorgang ablesen kann, dass die von ihm geformte Kugel bzw. Rolle viel schwerer/ leichter oder nur ein bisschen schwerer/ leichter ist und entsprechend ein zügiges Korrigieren erfolgt. Andererseits kann es auch sein, dass das Kind durch kleinschrittiges systematisches oder unsystematisches Herumprobieren zu einer korrigierten Kugelversion gelangt, mit dem Ergebnis zweier gewichtsidentischer Kugeln.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtvergleich; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen sowie Wiegen*

**Aufgabe 1.5:** Vor dem Kind liegen die beiden gleich schweren Kugeln (Rollen) aus der vorangegangenen Aufgabe (1.4). Der Interviewer verformt vor den Augen des Kindes die „Kinderkugel“ zu einer flachen Platte (bzw. die „Kinderrolle“ zu einer Kugel): *Was ist schwerer: die Kugel bzw. Rolle oder die Platte bzw. Kugel?* Anschließend wird die vorab entstandene flache Platte (bzw. Kugel) durch den Interviewer in kleine Einzelteile zerlegt: *Was ist schwerer: die Kugel oder die Einzelteile alle zusammen?*

In dieser Aufgabe, die der Fortsetzung von PIAGETS Tonkugelaufgabe entspricht, kann das Kind zeigen, inwieweit es das Invarianzgesetz verinnerlicht hat. Die Frage ist, ob sich das Kind von einer veränderten Form des Ursprungsgegenstandes dazu verleiten lässt, auf eine Gewichtsveränderung zu schließen, oder ob ihm bereits bewusst ist, dass, so lange die Materialmenge gleichbleibend ist, sich auch das Gewicht nicht verändert. In einem nächsten Schritt erfolgt die Zerteilung der Ursprungsform, so dass diese nun aus kleinen Einzelteilen besteht. Aus dem Vorgehen des Kindes lässt sich schließen, inwieweit dem Kind die Invarianz bereits bewusst ist.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtvergleich sowie Invarianz*



**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere, im ersten Interview auch unterschiedlich große, im zweiten und dritten Interview gleich große Gegenstände<sup>45</sup>. Der Interviewer schiebt die zwei schwereren Gegenstände direkt vor das Kind: *Was ist schwerer?* Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält es die Aufforderung, den leichteren Gegenstand mit dem dritten (noch leichteren) zu vergleichen: *Welcher ist von diesen beiden schwerer?* Abschließend stehen alle drei Gegenstände vor dem Kind: *Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht.*

Nachdem das Kind jeweils paarweise zwei der Gegenstände miteinander verglichen hat (wieder wird beobachtet, ob dies durch visuellen oder manuellen Vergleich geschieht), zielt die abschließende Aufgabenstellung auf die Frage, ob das Kind in der Lage ist, ohne weitere(n) Gewichtsvergleich(e) die Gegenstände zu sortieren und dabei die Transitivitätsregel anzuwenden, indem es aus den Vergleichsergebnissen, dass der erste Gegenstand schwerer als der zweite und der zweite schwerer als der dritte war, schließen kann, dass deswegen auch der erste schwerer sein muss als der dritte. Im ersten Interview handelte es sich um drei unterschiedlich große Klebstoff-Flaschen, so dass auch hier wieder visuelle Eindrücke den Entscheidungsprozess beeinflussen konnten. Um diese Auswirkung auszuschließen, wurden in den folgenden Interviews jeweils gleiche Gegenstände (Streichholzschachteln, Filmdosen) mit unterschiedlichen Farbgebungen (zur Unterscheidung) eingesetzt. Neben der Frage nach der Anwendung der Transitivitätsregel ist auch interessant, ob das Kind diese Regel in seiner Begründung auch verbalisieren kann.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtsvergleich* sowie *Transitivität*

**Aufgabe 1.6b (nur 2. und 3. Interview):** Vor dem Kind liegen eine CD-Hülle, eine Schere und ein Esslöffel: *Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht!*

Bei den in dieser Aufgabe eingesetzten Materialien handelt es sich um den Kindern geläufige Gegenstände, so dass denkbar ist, dass ein Sortieren der Gegenstände ohne weiteres Vergleichen aufgrund von innerer Vorstellung erfolgt. U. U. wird der angefangene Sortiervorgang aber auch unterbrochen und verändert, da durch das Legen einer Reihenfolge ein unbewusster/ unbeabsichtigter Gewichtsvergleich stattfindet. Bei Kindern, die die Gegenstände zunächst manuell miteinander vergleichen, ist zu beobachten, inwieweit vielleicht auch hier Vorstellungen über Materialeigenschaften den Vergleichsprozess steuern. So können Überlegungen der Form auftreten, dass der Esslöffel schwerer sein muss als die Schere, da der Esslöffel vollständig aus Metall, die Schere aber aus einer Metall-Kunststoff-Kombination besteht und Metall „schwerer“ ist als Plastik. Ggf. lässt sich auch bei dieser Aufgabe die Anwendung der Transitivitätsregel beobachten, je nachdem, welche Gegenstandspaare für einen paarweisen Vergleich ausgewählt werden.

---

45 1. Interview: drei Klebstoff-Flaschen; 2. Interview: drei Filmdosen mit unterschiedlichen Deckeln; 3. Interview: drei verschiedenfarbige Streichholzschachteln

Umgekehrt ist auch möglich, dass ein eigentlich noch erforderlicher Vergleich nicht (offensichtlich) durchgeführt wird.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtsvergleich* sowie *Transitivität*

### 3.5.2 Interviewteil 2: Schätzen, Gewichtsbestimmung, Gewichte im Alltagskontext, Gewichtsvergleich: gleich schwer

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Esslöffel: *Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand und in eine weitere Tüte 1g Sand.* Zusätzlich wird das Kind gefragt: *Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt?* und *Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?*

In dieser Aufgabe wird überprüft, inwieweit das Kind Stützpunktvorstellungen zu den Gewichten 1g, 500g und 1kg hat und dazu in der Lage ist, diese Vorstellungen mit Hilfe einer Sandmenge auszudrücken. Dabei ist von Interesse, ob es die einzelnen Mengen beim Abfüllen zueinander in Beziehung setzt und ob es beim Abfüllvorgang eine visuelle oder manuelle Kontrolle vornimmt. Bei dieser Aufgabe steht dem Kind keine Waage als Kontrollmöglichkeit zur Verfügung, da es darum geht, vorhandenes Stützpunktwissen, Stützpunktvorstellungen und die Fähigkeit des Schätzens zu erfassen. Denkbar ist auch, dass das Kind die jeweils gewählten Anzahlen an Löffelportionen aufeinander bezieht.

Des Weiteren sind die Kinder dazu aufgefordert, möglicherweise bekannte Stützpunktgegenstände zu benennen sowie den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm zu erklären.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtsvergleich; Zahlvorstellungen; Einheiten; Stützpunktwissen; Stützpunktvorstellungen* sowie *Schätzen*

**Aufgabe 2.2:** Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine analoge Personenwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage sowie eine Briefwaage: *Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen?* Der Interviewer zeigt einzeln auf die Waagen: *Wo(für) verwendet man diese Waage? Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand [Klebstoff-Flasche/Fruchtschnitte/Marsriegel] aus!*

In dieser Aufgabe erhält das Kind die Gelegenheit, zu zeigen, welche der aufgeführten Waagen ihm bekannt sind. Dabei soll es erklären, ob es weiß, in welchem Kontext der entsprechende Waagentyp eingesetzt wird und ob man ihn auch in einem anderen Umfeld verwenden könnte (z. B. *Kann man die Personenwaage zum Auswiegen von Backzutaten für einen Kuchen nutzen?*). Außerdem soll das Kind mit Hilfe von allen vorgelegten Waagen (sowohl mit den ihm bekannten als auch mit den unbekannten) das Gewicht eines vorgegebenen Gegenstandes bestimmen. Dabei wird beobachtet, wie es mit

den unterschiedlichen Waagen umgeht und ob es sich u. U. die Funktionsweise einer ihm unbekannten Waage erarbeiten kann. Interessant ist auch, inwieweit das Kind die erhaltenen Wäageergebnisse zueinander in Beziehung setzen und für weitere Wägungen nutzen kann. Außerdem wird thematisiert, welcher Waage es am meisten „glaubt“.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtsvergleich; Zahlvorstellungen; Einheiten; Umgang mit Maßangaben, Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen sowie Wiegen*

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände<sup>46</sup> gelegt, bei denen es das Gewicht sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: *Schätze, wie schwer ... ist!* Und *Wiege aus, wie schwer ... ist!* Abschließend liegen alle bereits ausgewogenen Gegenstände sowie einige weitere Gegenstände vor dem Kind: *Suche einen Gegenstand heraus, der ungefähr 100g wiegt!*

In dieser Aufgabe geht es zunächst darum, die Kinder zu einem Schätzvorgang für das Gewicht des jeweils vorliegenden Gegenstandes anzuregen und dabei zu sehen, welche Vorstellung das Kind vom Schätzvorgang hat. Wie bei allen anderen Entscheidungen in Bezug auf das Gewicht ist auch hier die Frage, ob das Kind versucht, das Gewicht des Gegenstandes auf einer visuellen Grundlage zu schätzen oder ob es selbständig eine manuelle Prüfung vornimmt und ob eine manuelle Prüfung dem Kind beim Schätzen überhaupt weiterhilft.

Dadurch, dass im Anschluss an das Schätzen das Gewicht des entsprechenden Gegenstandes mit Hilfe einer Waage bestimmt wird, erhält das Kind die Gelegenheit, beim Schätzen eines neuen Gegenstandes seinen Schätzprozess auf vorangegangene Schätzungen und Wäageergebnisse zu beziehen. Grundsätzlich ist in diesem Zusammenhang von Interesse, inwieweit das Kind überhaupt die Gewichte der verschiedenen Gegenstände beim Schätzen zueinander in Beziehung setzt.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtsvergleich; Zahlvorstellungen; Einheiten; Umgang mit Maßangaben; Stützpunktwissen; Stützpunktvorstellungen; Schätzen; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen sowie Wiegen*

---

46 1. Interview: Tischtennisball, Packung Milch, drei Klebstoff-Flaschen, Schokolade, Sack Kartoffeln (2,5kg), Packung Taschentücher, Packung Nudeln, Apfel; 2. Interview: Schraube, Packung Mehl, Packung Reis, Handy, CD, Birne, Banane, Fußball, Packung Toastbrot, Zahnbürste, Tüte Weingummi, Beutel Äpfel (2kg), Spiel; 3. Interview: Birne, Zahnbürste, Tischtennisball, Paket Zucker, Paket Nudeln, Packung Toast, Weingummi, Apfel, Sonnenmilchtube, Mars, Taschentücher, Kartenspiel, Milch, Schokolade

**Aufgabe 2.4:** Umgang mit Gewichten in einer Alltagssituation: 1. und 3. Interview: Zutaten für ein Rezept abwiegen; 2. Interview: Päckchen mit vorgegebenem Gewicht packen. Vor dem Kind liegen die für die Situation relevanten Materialien<sup>47</sup>.

1. und 3. Interview: Nachdem das Kind das Rezept gelesen und als solches erkannt hat, wird es dazu aufgefordert, die entsprechenden Zutaten mit Hilfe einer von ihm frei wählbaren Waage abzuwiegen.

2. Interview: Das Kind soll aus den vorgegebenen Gegenstände einige auswählen und damit ein Päckchen packen, das allerdings nicht schwerer als ein Kilogramm werden darf. Als Kontrollmittel darf es sich eine Waage seiner Wahl aussuchen.

Diese Aufgabe bettet den Umgang mit Gewichten in eine (dem Kind unter Umständen bekannte) Alltagssituation (Backen, Paket verschicken) ein. In der Backsituation muss es die Gewichtsangaben der einzelnen Zutaten selbständig aus dem Rezept entnehmen und die Zutaten mit Hilfe einer Waage abwiegen. Für ein erfolgreiches Abwiegen aller Zutaten muss sich das Kind vor Beginn des Abwiegens bewusst sein, dass die Schüssel ein Eigengewicht besitzt. Außerdem muss es sich überlegen, wie es das Abwiegen der zweiten und aller weiteren Zutaten gestaltet, da es nur eine Schüssel zur Verfügung hat. Hierbei wird deutlich, ob das Kind z. B. die Tara-Funktion<sup>48</sup> der entsprechenden Waagen kennt und nutzen kann oder ob es auf ein additives Verfahren zurückgreift. Das Gewicht des Päckchens ist an den Zahlraum für ein drittes Schuljahr angepasst worden (max. 1kg; ein DHL-Päckchen darf 2 Kilogramm wiegen), damit hier nicht zusätzliche Schwierigkeiten aufgrund einer Zahlraumüberschreitung die Bearbeitung der Aufgabe beeinträchtigen. Bei dieser Aufgabe ist zu beobachten, ob das Kind „wild zu packen beginnt“ oder ob es Schätzüberlegungen zu den einzelnen Gewichten anstellt, bevor es die Gegenstände auswählt. Interessant ist auch, ob das Kind die Waage von Anfang an, zwischendurch oder erst als abschließendes Kontrollmittel einsetzt.

In dieser Aufgabe spielen folgende Teilkonzepte eine Rolle: *Gewichtvergleich; Umgang mit Maßangaben, Stützpunktwissen; Stützpunktvorstellungen; Schätzen; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen; sowie Wiegen*

---

47 1. Interview: Plätzchenrezept, Mehl, Zucker, Schüssel, Waage; 2. Interview: 2 verschiedene Postkartons, Taschenlampe, Zeitschrift, 2 Bücher, Schokoriegel, 2 Spiele, Packung Salzstangen, Tüte Gummibärchen, Tube Sonnenmilch, Waagen; 3. Interview: Erdbeerkuchenrezept, Schüssel, Löffel, Mehl, Zucker, Mandeln, Waagen

48 Die Funktion „Tara“ ermöglicht es, die Gewichtsanzeige eines Gegenstandes auf Null zu stellen, obwohl sich der Gegenstand weiterhin auf der Waagschale befindet. Dieser Vorgang kann wiederholt werden, was man sich beim Abwiegen z. B. von Backzutaten zunutze machen kann.

**Aufgabe 2.5:** Vor dem Kind liegen Materialien mit offensichtlich unterschiedlicher Dichte. Das eine Material ist bereits in einer gewissen Menge abgefüllt, von dem anderen Material steht eine große Menge zur Verfügung<sup>49</sup>. Das Kind ist aufgefordert, von dem zweiten Material so viel abzufüllen, dass die beiden Materialmengen gleich schwer sind.

In dieser Aufgabe wird noch einmal der direkte Gewichtsvergleich aufgegriffen, hier allerdings mit Materialien mit offensichtlich unterschiedlicher Dichte. Die Frage ist, ob die Kinder sich von der visuell wahrnehmbaren Menge/ Füllhöhe leiten lassen oder ob sie einen manuellen Vergleichsprozess zur Gewichtskontrolle durchführen.

In dieser Aufgabe spielt folgendes Teilkonzept eine Rolle: *Gewichtsvergleich*

## 4 Der Unterricht zur Einführung der Größe Gewicht in der teilnehmenden Klasse

Der Unterricht zur Einführung des Größenbereichs Gewichte wurde von der regulären Lehrkraft für das Fach Mathematik und nicht von mir durchgeführt, damit der Unterricht nicht durch mein Forschungsinteresse gesteuert würde. Aus diesem Grund fand ein Austausch über den Unterricht sowie die Interviewinhalte mit der Fachlehrerin auch erst nach Abschluss der Studie statt, um eine gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden. Trotzdem ist davon auszugehen, dass das Bewusstsein um die den Unterricht umrahmende Studie die Lehrerin bei der Planung und Durchführung des Unterrichts beeinflusst hat. Im Austausch mit der Lehrerin stellte sich heraus, dass es Überschneidungen in den Inhalten des Unterrichts und der Interviews gegeben hat. So hatten die Kinder sowohl im Unterricht als auch in der zweiten Untersuchungssequenz die alltagsnahe Situation des Päckchenpackens zu bearbeiten. Im Ganzen umfasste der Unterricht zur Größe Gewicht sechs Unterrichtsstunden.

Während der Mathematikunterricht der Fachlehrerin eher im klassischen Sinne mit dem Schwerpunkt auf frontalem Arbeiten durchgeführt wurde, zeichnete sich der Unterricht der Klassenlehrerin durch starke Offenheit und wenig frontales Arbeiten aus. Dadurch war die Klasse aber generell offenes und freies Arbeiten gewöhnt, so dass offen gestellte Aufgaben sowie der handelnde Umgang mit angebotenen Materialien auch im Rahmen der Interviews für die Kinder keine ungewohnten Anforderungen darstellten.

Bei der Einführung des Größenbereichs Gewichte fand eine „Öffnung“ des Mathematikunterrichts statt. So bot die Fachlehrkraft parallel zum Lehrgang des Lehrwerks *Welt der Zahl* (1999, NRW) einen Stationenlauf an, bei dem die Kinder die Gelegenheit erhielten, sich mit dem Größenbereich Gewichte handelnd auseinanderzusetzen.

Das Schulbuch *Welt der Zahl* steigt in die Thematik mit einigen Bildern ein, die hauptsächlich zum Auswiegen, daneben aber auch zum Gewichtsvergleich verschiedener Ge-

---

49 1. Interview: Tüte mit Nudeln, Sand, leere Tüte; 2. Interview: Becher mit Cornflakes, Zucker, leerer Becher; 3. Interview: Tüte mit Nudeln, Reis, leere Tüte

genstände mit unterschiedlichen Waagen<sup>50</sup> anregen soll. Daran schließen sich Aufgaben zur Einheiten- sowie zur Gewichtszuordnung an. Auch die Thematisierung von Körpergewichten spielt eine Rolle. Abschließend sollen die Kinder das Gewicht von Gegenständen angeben, das mit Hilfe einer Tafelwaage bestimmt wird. Der Vergleich mit nichtstandardisierten Maßeinheiten, wie es die klassische Stufenfolge vorsieht, taucht nicht auf, ebenso erfolgt keine direkte Einbettung von Rechenaufgaben in einen Sachkontext. Von den von mir formulierten Teilkonzepten eines Gewichtskonzepts finden sich folgende im Rahmen der Schulbuchbehandlung: *Gewichtvergleich*, *Einheiten*, *Wiegen* und *Waagen*; *Umgang mit Maßangaben* sowie *Schätzen*.

Der Stationenlauf, der die Reihe ergänzte, war der Reihe *Unterrichtsideen: Mathematik üben an Stationen* (Klett Grundschulbuchverlag 1999) entnommen. Er umfasst die Teilgebiete Gewichtvergleich, Schätzen, Wiegen sowie Einbettung in eine Alltagssituation und regt die Kinder zu einer aktiven Auseinandersetzung an. Im Rahmen des Gebiets Schätzen wird ein Aufbau von Stützpunktvorstellungen angebahnt. In der Aufgabe zum Gewichtvergleich werden die Kinder dazu aufgefordert, fünf Gegenstände bzgl. ihres Gewichtes miteinander zu vergleichen und nach dem Gewicht zu sortieren. Dies soll zunächst aufgrund einer visuellen Einschätzung geschehen, daran schließt sich ein manueller Vergleich mit Sortierung an. Abschließend sollen die Ergebnisse mit einer Küchenwaage kontrolliert und ebenfalls notiert werden. Bei den gewählten Alltagssituationen handelt es sich um die Themen „Briefe verschicken“ und „Päckchen packen“ sowie um das Gewicht von gepackten Einkaufskörben. Die Anbahnung von Stützpunktvorstellungen erfolgt über das Auswiegen, wie viele Gummibären/ Heftzwecken/ Blätter Papier... einem 1g-Gewichtsstein bzw. wie viele Mathematikbücher/ Schuhe/ Äpfel/ Wasserflaschen... einem 1kg-Gewichtsstein entsprechen. Im Rahmen des Stationenlaufs wurden die Kinder immer wieder zum Schätzen und anschließenden Auswiegen von Gegenständen aufgefordert. Diese Handlungskopplung allein reicht aber oft nicht für einen Lernzuwachs von Gewichtsvorstellungen aus. Wie bei allen anderen handlungsorientierten Ansätzen auch führt erst ein Reflektieren der Handlung zu einem Erkenntniszuwachs und zur Festigung des Gelernten (vgl. MEYER 1987, 404ff.). Inwieweit diese Reflexionsphasen im Rahmen der Unterrichtsreihe eine Rolle spielten und durchgeführt wurden, wurde im Austausch mit der Lehrkraft nicht deutlich. Des Weiteren lässt sich nicht sagen, ob und welche Schwerpunkte die Lehrerin im Rahmen der Unterrichtsreihe setzte oder ob es ihr mehr um eine umfassende, keine Teilbereiche vertiefende Behandlung der Größe Gewicht ging.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Kinder in dieser Unterrichtsreihe durch den Einsatz des Stationenlaufs in einer stark handlungsorientierten Weise mit der Thematik Gewichte auseinander setzen konnten und dadurch die Gelegenheit erhielten, ihre Vorstellungen aufgrund des handelnden Umgangs zu erweitern.

---

50 Metzgerwaage, Personenwaage, Bügelwaage, Balkenwaage, Obst- und Gemüsewaage (Supermarkt)

## **C Ergebnisse der Untersuchung: Kindliche Konzepte zur Größe Gewicht und ihre Entwicklung**

### **1 Vorbemerkungen**

Im Rahmen des theoretischen Teils wurde ein Gewichtskonzept in verschiedene Bereiche und weiter in Teilkonzepte aufgespalten, um eine Analyse und damit eine Beschreibung des Konzepts zu ermöglichen. Die im Interview eingesetzten Aufgaben wurden im Hinblick auf diese Teilkonzepte entwickelt, um die Konzepte der Kinder beschreiben zu können. Bei der Analyse der Interviews wird den einzelnen Teilkonzepten nachgegangen, indem jeweils das gesamte Interview in Hinblick auf ein Teilkonzept analysiert wird. Die Ergebnisse werden entsprechend konzeptweise vorgestellt – folgen also nicht dem Ablauf der Interviews – so dass das Denken und die Vorstellungen zu einem Bereich aus den Ergebnissen der verschiedenen Interviewsituationen zusammengetragen werden. Zum Teil werden die Interviewdaten durch Ergebnisse aus dem schriftlichen Test ergänzt. Dadurch erhält der Leser ein umfassendes Bild des jeweiligen Denkens zu den einzelnen Konzepten. Dieses Vorgehen<sup>51</sup> erschien schlüssig, da es in der vorliegenden Arbeit grundlegend um die Beschreibung der Gewichtskonzepte von Kindern geht.

Im Folgenden werden kindliche Konzepte zur Größe Gewicht beschrieben, die sich durch die Analyse der Interviews herauskristallisiert haben. Dazu werden die Teilkonzepte zweier Kinder ausführlich dargestellt, indem zunächst eine Beschreibung des Denkens zum Zeitpunkt des ersten Interviews erfolgt. Daran schließt sich eine vergleichende Analyse des zweiten und dritten Interviews an, in dem Entwicklungen und Veränderungen im Denken in Bezug auf die Ergebnisse des ersten Interviews aufgezeigt werden. Es wäre auch denkbar gewesen, die Beschreibung der einzelnen Konzepte zum Zeitpunkt des ersten Interviews unmittelbar mit der jeweiligen Entwicklung zu verbinden. In diesem Fall wäre der Rückbezug auf einzelne Konzepte zu den jeweiligen Interviewzeitpunkten in den Hintergrund gerückt. Da der Rückbezug auf andere Konzepte

---

<sup>51</sup> Denkbar wäre auch gewesen, das Denken aufgabenweise zu beschreiben. Hierbei hätte man aber bezogen auf die Beschreibung der Konzepte „springen“ müssen, eine zusammenhängende Darstellung der einzelnen Konzepte hätte nur durch eine erneute Darstellung der bereits aufgeführten Ergebnisse erfolgen können.

zum Aufzeigen von eventuellen Vernetzungen aber von Bedeutung ist, habe ich mich für diesen Aufbau entschieden, bei dem zunächst alle Konzepte des ersten Interviews und anschließend die Entwicklung der Konzepte vorgestellt wird.

Die Reduktion auf die Vorstellung zweier Kinder erfolgt im Sinne einer Fallstudie im Rahmen des qualitativen Forschens, bei dem explizit die intensive Auseinandersetzung mit dem Einzelfall im Vordergrund steht (vgl. FATKE 1997, 56ff., LAMNEK 2010<sup>5</sup>). Die Notwendigkeit der Beschränkung auf zwei Kinder ergab sich aufgrund der Materialfülle.

Die Konzeptbeschreibungen der Einzelfallanalysen werden durch ausgewählte Konzepte anderer Kinder ergänzt, um aus Gemeinsamkeiten und Unterschieden auf allgemeine Entwicklungen einerseits und Anhaltspunkte für den Unterricht andererseits schlussfolgern zu können.

Für die Einzelfallanalysen wurden ein leistungsstarkes Mädchen und ein leistungsschwacher Junge ausgewählt. Bei der Auswahl standen die Ergiebigkeit der Interviewanalyse sowie die Gegenüberstellung der beiden Leistungspole im Vordergrund. In Hinblick auf die Auswertung ist zu erwarten, dass bei einem Kind mit einem bereits weit entwickelten Konzept zum Zeitpunkt des ersten Interviews nicht mit so großen Veränderungen zu rechnen ist wie bei einem Kind, dessen Konzept noch nicht so ausgebaut ist.

In Hinblick auf alle Interviews lässt sich vorab sagen, dass es den beteiligten Kindern schwer fiel, ihr Denken und ihre Vorstellungen im Interviewverlauf zu verbalisieren und näher zu erläutern, so dass die folgende Analyse aufgrund einer intensiven Auseinandersetzung mit den von den Schülern gegebenen Antworten in Verbindung mit den durchgeführten Handlungen erfolgte.

Die Ergebnisse der Analysen werden durch Zitate aus den Interviewtranskripten belegt. Um die Einordnung der Zitate zu erleichtern, wurden „Aufgabenboxen“ eingefügt, in denen die entsprechende Aufgabe zum Zitat nachgelesen werden kann. Durch die Isolierung der Aufgabenbeschreibung in Aufgabenboxen wird versucht, eine auftretende Redundanz zu vermeiden, indem es dem Leser überlassen wird, zu entscheiden, ob er die Aufgabenbeschreibung liest. In manchen Fällen resultieren die transkribierten Passagen nicht unmittelbar aus einer Aufgabenstellung, was der Offenheit von Leitfadeninterviews zuzuschreiben ist. Dort findet sich daher auch keine Aufgabenbox.

Die Analyse erfolgt in zwei Teilen: Zunächst wird das erste Interview, das vor der unterrichtlichen Behandlung stattfand, analysiert. Anschließend werden die beiden Folgeinterviews analysiert, die unmittelbar nach der unterrichtlichen Behandlung der Größe Gewicht bzw. mit vier Monaten Abstand durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Interviews werden in Beziehung zueinander gesetzt.



## 2 Anjas Gewichtskonzept

### 2.1 Konzepte zum Zeitpunkt des ersten Interviews

Anja<sup>52</sup> ist zum Zeitpunkt des ersten Interviews 9 Jahre und drei Monate alt. Sowohl ihrer Klassen- als auch ihrer Mathematiklehrerin zufolge gilt sie als leistungsstarke Schülerin in allen Bereichen und zeichnet sich durch eine hohe und schnelle Auffassungsgabe aus. Diese Einschätzung bestätigte sich im schriftlichen Test<sup>53</sup>.

#### 2.1.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“

##### **Konzept: Gewichtvergleich**

Anja geht beim Gewichtvergleich von Gegenständen situationsabhängig unterschiedlich vor. Dabei lassen sich drei verschiedene Vergleichskonzepte kategorisieren, die sie in verschiedenen Situationen aktiviert:

1. Sie führt einen **visuellen Vergleich** durch und reduziert dadurch den Gewichtvergleich auf einen Volumenvergleich
  - (a) bei Gegenständen, bei denen sie von gleicher Materialdichte ausgeht.
  - (b) bei verpackten Gegenständen, bei denen sie Dichteunterschiede ignoriert.
2. Sie führt einen **manuellen Vergleich** durch bei Gegenständen, bei denen sie von unterschiedlicher Materialdichte ausgeht und in denen sie aktiv werden muss (Abfüllen einer Vergleichsmenge).
3. Sie führt einen **mentalenen Vergleich** gespeicherter Vorstellungen durch in Situationen, in denen sie vorliegende Gegenstände vergleichen muss.

##### **1(a) Visueller Vergleich: sie geht von gleicher Materialdichte aus**

Es gibt Gegenstandspaare, bei denen sie ein Konzept aktiviert, das den Gewichtvergleich auf einen Volumenvergleich reduziert, indem sie die räumliche Ausdehnung der Gegenstände abschätzend miteinander vergleicht, was darauf zurückzuführen ist, dass sie von einer gleichen Dichte des Materials ausgeht. Aus diesem Grund führt sie in diesem Fall keinen manuellen Gewichtvergleich durch, sondern fällt ihre Entscheidung aufgrund des Vergleichs der visuell wahrnehmbaren Eigenschaft des Volumens der Gegenstände. Dieses Vorgehen findet sich bei der Aufgabe 1.4.

(Int. 1.1, 03:20-12:05)

- 1 (Auf dem Tisch vor Anja liegen die Vergleichskugel und Knetmasse.)
- 2 I: *Ich möchte jetzt von dir, dass du mir eine Kugel knetest, die genauso schwer ist wie meine Kugel.*

**Aufgabe 1.4:** Vor dem Kind liegen eine Knetkugel sowie Knetmasse: Forme eine Kugel, die genauso schwer ist wie diese Kugel.

<sup>52</sup> Name des Kindes geändert

<sup>53</sup> Anjas schriftlicher Test findet sich im Anhang.

## C Ergebnisse der Untersuchung

---

- 3 (A. beginnt eine Kugel zu kneten, zwischendurch legt sie die Kugel neben die Vergleichskugel, dann knetet sie weiter. Als sie die Kugel das nächste Mal neben die Vergleichskugel legt, nickt sie bestätigend.)
- 4 A: *Das müsste's sein.*
- 5 I: *Was müsste das sein?*
- 6 A: *Genauso schwer.*
- 7 (6 Sek.)
- 8 I: *Kann man das von außen sehn?*
- 9 A: *Eigentlich nicht.*
- 10 I: *Mm.*
- 11 A: *Aber (.) man kann 'n bisschen sehen, wie schw (.) wie groß das ist und 'n bisschen kann man's (.) ja auf die Größe anwenden, 'ne größere Menge Konfetti nimmst ist die auch schwerer als 'ne kleine Menge Konfetti.<sup>54</sup>*
- 12 I: *O.K. (.) Wie könntest du denn jetzt mal gleich kontrollieren, ob die beiden Kugeln gleich schwer sind?*
- 13 A: *Durch 'ne Waage.*
- 14 I: *Und wenn du jetzt gerade keine Waage zur Hand hast, was könntest du dann nehmen?*
- 15 A: *Kann man die Hände (nimmt die beiden Kugeln vergleichend in die Hände) so'n bisschen. (...) Mm. (.) Die [ihre Kugel] ist doch noch leichter. (A. fügt etwas Knete zu ihrer Kugel dazu, dann vergleicht sie die beiden Kugeln noch einmal manuell miteinander und legt sie danach nebeneinander auf den Tisch.) So. (.) Obwohl die (zeigt dabei auf ihre Kugel) etwas größer geworden ist. (.)*
- 16 I: *Kontrollier noch mal vom Gewicht.*
- 17 (A vergleicht die beiden Kugeln manuell miteinander.)
- 18 A (nickt): *Find ich gleich schwer.*
- 19 I: *Ganz sicher? (A nickt.) Dann nehmen wir doch mal jetzt die Waage zur Hilfe. (I stellt die Tafelwaage auf den Tisch, A legt die beiden Kugeln auf die Waagschalen.)*
- 20 A: *Mm? (4 Sek.) Komisch.*
- 21 I: *Was ist komisch?*
- 22 A: *Die (zeigt auf ihre Kugel) ist immer noch größer, aber ich fand in der Hand war die genauso schwer wie die, aber die (.) kleinere ist noch schwerer. (4Sek.)*
- 23 I: *Was musst du also machen, wenn du eine genauso schwere Kugel haben möchtest?*
- 24 A: *Noch mehr Knete (.) an meine. (A fügt weitere Knete zu ihrer Kugel hinzu, dann vergleicht sie die Kugeln kurz manuell miteinander und legt sie wieder auf die Waagschalen.)*
- 25 I: *Und?*
- 26 A: *Mmh? (.) Fühlen sich wieder gleich schwer an. Ist wieder aber schw (.) leichter. (A. fügt weitere Knete zu ihrer Kugel hinzu, vergleicht wieder zunächst die beiden Kugeln manuell miteinander und legt sie dann auf die Waagschalen.)*
- 27 I: *Und, was hat die Handwaage gesagt?*
- 28 A (betrachtet schulterzuckend das Wäageergebnis): *Dass das (zeigt auf ihre Knetkugel) dann schwerer ist.*
- 29 I: *Du hast gedacht, die wäre schwerer als die (I. deutet dabei zunächst auf die Schülerkugel, dann auf die Vergleichskugel.).*
- 30 A: *Ja.*
- 31 I: *Aber die Waage sagt?*
- 32 A: *Die war nicht schwerer, (.) die war sogar noch leichter.*
- 33 I: *Mhm. (A. vergrößert ihre Kugel, vergleicht die beiden Kugeln zwischendurch manuell miteinander, allerdings nicht abschließend und legt sie sofort auf die Waagschale.)*
- 34 A: *Jetzt ist die [ihre Kugel] viel schwerer.*
- 35 I: *Mhm.*
- 36 (A nimmt etwas Knete ab, legt die Kugel auf die Waagschale, nimmt wieder etwas Knete weg und legt sie wieder auf die Waagschale.)
- 37 I: ???

---

<sup>54</sup> Das Transkript versucht, die Interviewdialoge so wortwörtlich wie möglich wiederzugeben. Nicht immer erfüllen die Äußerungen Anforderungen an einen schulgrammatischen Satzbau.

- 38 (A verändert das Gewicht ihrer Kugel entsprechend dem Wäageergebnis weiter. Dabei fügt sie einmal in zwei Schritten die Knetmenge wieder hinzu, die sie vorher abgenommen hatte, als ihre Kugel zu schwer gewesen war. Sie korrigiert so lange, bis die beiden Kugeln gleich schwer sind.)
- 39 A: *Das müsste's sein.*
- 40 I: *Sieht ganz gut aus, <ne>?*
- 41 A: *<Mmh.>*
- 42 I: *Woran siehst du, dass die beiden gleich schwer sind?*
- 43 A: *Hier (zeigt auf die Metallfahnen), weil die Zungen so (.) gleich sind.*

Anja formt zunächst eine Kugel, die genauso *groß* ist wie die Vergleichskugel, ohne dabei einen manuellen Vergleich per Handwaage o.ä. durchzuführen. Sie schlussfolgert, dass aus gleicher Größe auf ein gleiches Gewicht geschlossen werden kann. Als Begründung führt sie zwei unterschiedlich große Konfettimengen an, anhand derer sie erläutert, dass das Gewicht einer größeren Konfettimenge dem Größenunterschied entsprechend größer ist als das einer kleineren Menge Konfetti (Z.11). Diese Erklärung zeigt, dass sie offensichtlich bei der Knete von einem Material mit gleicher Dichte ausgeht und daraus auch Volumengleichheit folgert.

Beim anschließenden manuellen Vergleich der beiden Kugeln stellt sie fest, dass die von ihr geformte Kugel zu leicht ist, weshalb sie ihre Knetkugel vergrößert (Z. 20ff.). Sie fügt jedoch zunächst nur eine kleine Menge Knete hinzu, so dass ihre Kugel dadurch nur geringfügig größer wird als die Vergleichskugel. Beim manuellen Vergleich wird deutlich, dass die von ihr angenommene Gleichheit des Materials ihre Wahrnehmung dominiert. Obwohl davon auszugehen ist, dass der Gewichtsunterschied für sie deutlich manuell wahrnehmbar sein muss, entscheidet sie, dass die beiden Kugeln gleich schwer sind (Z. 26-34).

Offensichtlich passt die Möglichkeit, dass die Kugeln trotz (fast) gleichen Volumens ein unterschiedliches Gewicht haben, nicht in ihr aktiviertes Konzept. Dies kollidiert mit ihrer Annahme über die Dichte-eigenschaft des Materials und der daraus resultierenden Schlussfolgerung, dass gleich große Gegenstände demnach auch gleich schwer sein müssen. Diese Kollision führt sichtlich zu einer Irritation bei ihr und zeigt sich auch beim anschließenden Gewichtsvergleich mit Hilfe der Tafelwaage (Z. 20ff.). Aus ihrem Wäageergebnis schließt sie folgerichtig, dass sie ihre Kugel noch vergrößern muss, dies geschieht jedoch zunächst kleinschrittig, da das alte Konzept zu stark dominiert. Der Wechsel in ein Konzept für den Gewichtsvergleich von Materialien mit unterschiedlicher Dichte fällt ihr offensichtlich schwer.

Das Interviewbeispiel zeigt, dass Anja in dieser Situation vom Volumen auf das Gewicht geschlossen hat. Sie ist sich ihrer Sache derart sicher, dass sie eine manuelle Kontrolle nicht für nötig hält, und begründet ihr Vorgehen damit, dass bei unterschiedlich großen Mengen desselben Materials ein Mengenvergleich ausreichend ist, um einen Gewichtsvergleich durchzuführen. Dieses Konzept entspricht dem Konzept eines Erwachsenen, der bei Materialgleichheit ebenfalls auf einen Volumenvergleich zurückgreifen würde. Als Anja zu einem manuellen Vergleich aufgefordert wird, gerät ihr Konzept ins Wan-

ken, da sie feststellen muss, dass die beiden Kugeln trotz gleicher Größe nicht gleich schwer sind (Z. 22). Sie aktiviert daraufhin ein Konzept für den Gewichtsvergleich von Materialien aus unterschiedlicher Dichte (Z. 24). Ihr Vorgehen deutet jedoch darauf hin, dass die beiden Konzepte parallel aktiviert sind und das erste Konzept nicht durch die Aktivierung des zweiten Konzepts abgelöst wird. Dies führt zu einem Hierarchiekonflikt, was sich daran zeigt, dass sie immer wieder auf ihr zuerst aktiviertes Konzept zurückgreift (Z. 26-38). Erst am Ende dominiert das zweite Konzept (unterschiedliche Dichte) das erste (gleiche Dichte) und führt zum Erfolg (Z. 38-43).

### 1(b) Visueller Vergleich: Sie ignoriert mögliche Dichteunterschiede von Verpackungen

Bei einigen Aufgaben war das Gewicht verpackter Gegenstände oder Materialien zu vergleichen. Die Verpackung verhinderte, vom Inhalt auf gleiche oder unterschiedliche Dichte schließen zu können. In diesen Situationen aktiviert Anja wieder das Konzept, das den Volumenvergleich beinhaltet, indem sie – wie im folgenden Beispiel – von einem Größenunterschied der Pakete auf einen Gewichtsunterschied schließt:

- (Int. 1.1, 00:03-00:31)
- 44 (Auf dem Tisch vor Anja liegen zwei unterschiedlich große Pakete.)
- 45 I: *Welches ist schwerer?*
- 46 A: *Ich glaub das hier* (Dabei kippt sie das größere Paket leicht an.).
- 47 I: *Mhm. Warum glaubst du das?*
- 48 A: *Weil das größer aussieht. (... ) ???*
- 49 (A. hebt zuerst das größere, dann das kleinere Paket etwas an. Während sie das kleinere Paket noch hält, äußert sie:)
- 50 A: *Aber eigentlich ist das hier noch schwerer* (A. legt das Paket ab) (.) *obwohl das noch kleiner ist.* (Sie guckt etwas irritiert.)
- 51 (..)
- 52 I: *Überrascht dich das?*
- 53 A (nickt): *Mmh.*
- 54 I: *Ja?*
- 55 A: *Weil eigentlich in großen Sachen schwerere drin sind.*

**Aufgabe 1.1a:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich große Gegenstände: *Welche(s/r) Paket/Dose/Umzugskarton ist schwerer?*

Sie folgert, dass das größere Paket auch schwerer ist, und begründet diese Entscheidung mit genau diesen Worten (Z. 48). Diese Schlussfolgerung ist interessant, da der Inhalt nicht visuell wahrnehmbar ist. Sie zieht hier von der Größe der Kartons eine Schlussfolgerung auf den nicht sichtbaren Inhalt. Nachdem sie das Gewicht der beiden Pakete manuell kontrolliert hat, stellt sie fest, dass das kleinere Paket trotz geringerer Größe schwerer ist. Das Ergebnis des manuellen Vergleichs widerspricht dem von ihr aktivierten Konzept, das den Volumenvergleich beinhaltet. Diesen kognitiven Konflikt bringt sie mit der Formulierung ihrer Annahme zum Ausdruck, dass sich in einem größeren Paket auch eigentlich schwerere Gegenstände befinden (Z.55). Durch diese Formulierung stellt sie eine Beziehung zu ihrer Erfahrung her: Bisher hat sie erlebt, dass größere Pakete schwerer sind als kleinere, weil sich in ihnen schwerere Gegenstände befinden.

Auch für den Gewichtsvergleich der ersten beiden Klebstoff-Flaschen (Aufgabe 1.6a) führt sie zunächst einen Volumenvergleich durch:

- (Int. 1.1, 15:34-16:37)
- 56 (I. stellt zwei Klebstoff-Flaschen auf den Tisch.)
- 57 I: *Zwei Kleberflaschen.*
- 58 (Anja betrachtet die Klebstoff-Flaschen und schiebt sie dabei minimal mit ihrem Zeigefinger auf dem Tisch hin und her.)
- 59 I: *Was guckst du?*
- 60 A: *Die sehen irgendwie gleich schwer aus. (.) Die eine ist zwar schmaler, aber dafür größer und die andere ist dicker, aber dafür kleiner* (Dabei zeigt sie auf die jeweilige Klebstoff-Flasche.).
- 61 I: *Mhm.*
- 62 (8 Sek.)
- 63 I: *Kann man's denn von außen entscheiden, <wenn man sich's> anguckt?*
- 64 A: *<Eigentlich nicht>* (schüttelt dabei den Kopf).
- 65 (12 Sek.)
- 66 I: *Trotzdem guckst du weiter. (...) Wie könntest du's denn entscheiden?*
- 67 A. nimmt jeweils eine der beiden Klebstoff-Flaschen etwas zögerlich in ihre Hände und vergleicht sie paarweise manuell miteinander.
- 68 (6 Sek.)
- 69 I: *Und wenn du sie vergleichst?*
- 70 A: *Find ich die hier schwerer* (Sie hält dabei die schwerere Klebstoff-Flasche hoch.).

**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere, im ersten Interview auch unterschiedlich große, im zweiten und dritten Interview gleich große Gegenstände. Der Interviewer schiebt die zwei schwereren Gegenstände direkt vor das Kind: *Was ist schwerer? Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält das Kind die Aufforderung, den leichteren Gegenstand mit dem dritten (noch leichteren) zu vergleichen: Welcher ist von diesen beiden schwerer?*

Erst nach einem Interviewerhinweis (Z.66) vergleicht sie das Gewicht der beiden Flaschen manuell miteinander und stellt dadurch fest, welche Flasche die schwerere ist. Den sich anschließenden zweiten Klebstoff-Flaschen-Vergleich führt sie dagegen direkt, ohne weitere visuell wahrnehmbare Merkmale manuell durch. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sie unmittelbar vorher feststellen musste, dass das zunächst aktivierte Konzept (Volumenvergleich) nicht zum Erfolg geführt hatte. Diesmal fällt es ihr nicht schwer, dieses Konzept nicht automatisch wieder aufzurufen, sondern direkt das Konzept zu aktivieren, das einen manuellen Vergleich beinhaltet:

- (Int. 1.1, 16:57-17:05)
- 71 A (vergleicht die beiden Klebstoff-Flaschen manuell miteinander): *Ich finde jetzt, die weiße ist schwerer als die rote.*

## 2. Manueller Vergleich

In Aufgaben, in denen sie dazu „gezwungen“ ist, die Gegenstände in die Hand zu nehmen, aktiviert sie ein Konzept, das den manuellen Gewichtsvergleich beinhaltet; weil sie von unterschiedlicher Materialdichte ausgeht, z.B. in Aufgabe 2.5.

- (Int. 1.2, 27:19-28:33)
- 72 (I legt die Materialien vor A auf den Tisch und erklärt dabei die Aufgabenstellung.)
- 73 I: *Eine Tüte Nudeln. (..) Eine Tüte für dich. Ich möchte gerne, dass du mir (.) in diese Tüte so viel Sand machst, dass die Tüte genauso schwer ist wie meine Nudeltüte.*

**Aufgabe 2.5:** Vor dem Kind liegen Materialien mit offensichtlich unterschiedlicher Dichte. Das eine Material ist bereits in einer gewissen Menge abgefüllt, von dem anderen Material steht eine große Menge zur Verfügung. Das Kind ist aufgefordert, von dem zweiten Material so viel abzufüllen, dass die beiden Materialmengen gleich schwer sind.

- 74 (Während I Aufgabenstellung erklärt, befühlt A bereits die Nudeltüte und prüft abschließend (manuell) das Gewicht der Nudeltüte.)  
75 A: *Also schwer ist die hier nicht.*  
76 (Dann füllt A Sand in die Tüte, dabei vergleicht sie Sand- und Nudeltüte zwischendurch paarweise manuell miteinander.)  
77 A: *Ich glaub so ungefähr.*  
78 I: *So ungefähr? <O.K.>*  
79 A: *<Mmh.>*

In dieser Situation orientiert sie sich ausschließlich an ihrem manuellen Vergleich, indem sie während des Abfüllprozesses fortwährend das Gewicht der beiden Tüten per Handwaage miteinander vergleicht. Dabei führt sie keinen (offensichtlichen) visuellen Vergleich der Sand- und Nudelmenge durch. Dies deutet darauf hin, dass durch die zwei verschiedenen Materialien ein Konzept aktiviert wurde, das die unterschiedlichen Dichteigenschaften berücksichtigt. Dieses Konzept beinhaltet, dass sie weiß, dass die Vorgabe „gleich schwer“ bei Materialien mit unterschiedlicher Dichte nicht über einen visuellen Volumenvergleich vorgenommen werden kann, sondern dafür auf einen – in diesem Fall manuellen – Gewichtsvergleich zurückgegriffen werden muss.

### 3. Vergleich gespeicherter Vorstellungen

Wenn Anja aufgrund der Aufgabenstellung nicht konkret zum Handeln aufgefordert ist, fällt sie ihre Entscheidung aufgrund von Gewichtsvorstellungen, ohne einen manuellen Gewichtsvergleich durchzuführen.

(Int. 1.1, 00:58-01:15)

- 80 (Vor Anja auf dem Tisch liegen eine Kassette und eine Packung Taschentücher. Sie betrachtet die beiden Gegenstände.)  
81 A (kippt die Taschentuchpackung an): *Das ist viel leichter, also viel schw viel leichter* (hebt die Kassette hoch) *als das hier, obwohl das [Kassette] noch kleiner ist (.) und dünner.*  
82 I: *Und woher weißt du das jetzt?*  
83 A (nimmt jeweils einen Gegenstand in die Hand): *Hab ich so gefühlt.*

**Aufgabe 1.2:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Gegenstände, der Gewichtsunterschied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehmbar: *Was ist schwerer?*

Hier fällt sie ihre Entscheidung, bevor sie einen manuellen Gewichtsvergleich durchgeführt hat. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass ihr die beiden Gegenstände aus ihrem Alltag bekannt sind und sie somit eine Vorstellung vom jeweiligen Gewicht hat, so dass sie einen gedanklichen Gewichtsvergleich vollzieht. Interessant ist, dass sie zur Begründung ihrer Entscheidung trotzdem den manuellen Gewichtsvergleich anführt und sich nicht auf das Kennen der Gegenstände beruft, obwohl sie diesen erst durchgeführt hat, als sie ihre Entscheidung schon verbalisiert hatte (Z.83). Die Erläuterung zu den Größenverhältnissen ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass diese Aufgabe im Anschluss an die erste Aufgabe zum Gewichtsvergleich (Aufgabe 1.1) erfolgte, bei der ebenfalls der Größenunterschied im Zusammenhang mit dem Gewicht thematisiert wurde.

Im folgenden Ausschnitt, der sich unmittelbar an den vorangegangenen Ausschnitt anschließt, wird eine gewisse Unsicherheit in ihrer Entscheidung deutlich:

(Int. 1.1, 01:16-01:43)

- 84 I: *Wenn du's in der Hand hast, ist ganz deutlich, dass eins schwerer oder leichter ist?*  
 85 A (nickt): *Mmh.*  
 86 I (vergleicht die beiden Gegenstände ebenfalls mit der Handwaage): *Wenn wir's jetzt noch mit 'ner Waage kontrollieren wollen würden?*  
 87 A (zuckt mit den Achseln): *Könnte auch sein, dass es dann anders ist.*  
 88 I: *Oh, dann kontrolliere noch mal mit deinen Händen. Wenn du meinst, es könnte auch noch anders sein. (A. vergleicht Kassette und Taschentücher manuell miteinander.) Es kann natürlich sein, dass es so ähnlich ist, dass du auch nicht sagen kannst, was schwerer oder leichter ist, aber*  
 89 A. (legt die Taschentücher auf den Tisch, hält die Kassette noch in der Hand): *Das [die Kassette] ist irgendwie schwerer.*

Sie schließt nicht aus, dass eine Kontrolle mit einer Waage zu einem anderen Ergebnis führen kann (Z.87). Es wird jedoch nicht klar, ob dies damit zusammenhängt, dass sie den Gewichtsunterschied für relativ gering hält, so dass ihre Einschätzung falsch sein kann, oder ob sie nicht ausschließt, dass der Waageneinsatz generell zu einem überraschend anderen Ergebnis führen kann, als man selbst für möglich hält (entsprechend der oben beschriebenen Situation beim Vergleich der Knetkugeln, in der die Waage ihr einen Gewichtsunterschied anzeigt, obwohl sie sich „gefühlsmäßig“ für Gewichts-gleichheit entschieden hat).

Aus Anjas Vorgehen in diesem Beispiel lässt sich nicht schließen, dass sie generell beim Gewichtsvergleich von ihr vorliegenden Gegenständen aus unterschiedlicher Dichte ihre Entscheidung ohne manuellen Gewichtsvergleich fällen würde. Es ist eher anzunehmen, dass es vom Bekanntheitsgrad des Gegenstandes abhängt, ob sie einen aktiven Vergleich für nötig hält oder dem gedanklichen Vergleich den Vorrang gibt. Dafür spricht, dass sie in dem angeführten Beispiel ergänzend einen manuellen Vergleich durchgeführt hat. Dies deutet darauf hin, dass sie für Gegenstände mit unterschiedlicher Dichte nicht auf einen reinen Volumenvergleich zurückgreifen würde. Möglicherweise traut sie sich auch nicht, die vorliegenden Gegenstände „unaufgefordert“ anzufassen, obwohl sie zu Beginn des Interviews in der Einführung dazu ermutigt wurde. Ihr Rückgriff auf Gewichtsvorstellungen zeigt, dass es Gegenstände gibt, bei denen sie über Stützpunktvorstellungen verfügt.

### Zusammenfassung

Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass Anja situationsabhängig auf verschiedene Teil-konzepte zum Gewichtsvergleich zurückgreift. Dabei wird deutlich, dass sie eine Vorstellung davon hat, dass Materialien eine unterschiedliche Dichte haben (können) und dies Auswirkungen auf das Vorgehen bei einem Gewichtsvergleich hat. Bei Gegenständen, bei denen sie von gleicher Dichte ausgeht, reduziert sie den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich, was grundsätzlich dem Konzept eines Erwachsenen entspricht (leider kann keine Aussage dazu getätigt werden, ob ein Erwachsener in der entsprechenden Situation überhaupt von Dichtegleichheit ausginge). Es fällt Anja jedoch schwer, konsequent in ein anderes Konzept zu wechseln, wenn sie merkt, dass das ge-

wählte Konzept nicht mit ihrer Beobachtung kompatibel ist. Zudem wendet sie das Konzept, das den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich reduziert, generalisierend auch auf Verpackungsgegenstände an, indem sie davon ausgeht, dass sich in einer größeren Verpackung auch der schwerere Inhalt befindet. Dabei vernachlässigt sie, dass der Inhalt unterschiedliche Materialdichte haben kann. Es ist zu erwarten, dass sie mit zunehmender Alltagserfahrung solchen Situationen differenzierter begegnet. Bei Gegenständen mit offensichtlich unterschiedlicher Dichte aktiviert sie dagegen ein Konzept, das einen manuellen Vergleich beinhaltet, wobei sie situationsabhängig den Entscheidungsprozess durch Vorstellungen über Gewichte von ihr offensichtlich bekannten Gegenständen abhängig macht.

### **Konzept Invarianz**

Anja verfügt offensichtlich über ein Konzept, das das Invarianzverständnis beinhaltet. Es ist für sie selbstverständlich, dass Umformungen und Zerteilungen einer Knetkugel (Aufgabe 1.5) zu keiner Gewichtsveränderung führen:

(Int. 1.1, 13:25-15:02)

- 90 (I. legt die zur Platte verformte Schülerkugel sowie die Vergleichskugel vor Anja.)  
91 I: *Schwerer, leichter, gleich schwer?*  
92 (A. nimmt Platte und Kugel vergleichend in die Hände.)  
93 A: *Die müssten wieder gleich schwer sein, weil das Gewicht ist so geblieben, das ist das gleiche Gewicht geblieben.*  
94 I: *Warum?*  
95 A: *Weil, man hat ja nichts weggetan von der Knete.*  
96 (I. zerteilt die Platte in kleine Kugeln und legt diese sowie die Vergleichskugel vor Anja auf den Tisch.)  
97 (I. legt die Einzelkugeln sowie die Vergleichskugel vor Anja.)  
98 I: *So, diese Kugeln alle zusammen (I. deutet dabei auf die Einzelkugeln) und die eine. Was denkst du?*  
99 (A. nimmt die Einzelkugeln in die eine Hand und die Vergleichskugel in die andere.)  
100 A: *Die sind wieder gleich schwer.*  
101 I: *Warum?*  
102 A: *Weil jetzt ja wieder die gleiche Masse geblieben ist, nur das sind jetzt mehrere draus geworden und kleinere.*

**Aufgabe 1.5:** Vor dem Kind liegen die beiden gleich schweren Kugeln (Rollen) aus der vorangegangenen Aufgabe (1.4). Der Interviewer verformt vor den Augen des Kindes die „Kinderkugel“ zu einer flachen Platte (bzw. die „Kinderrolle“ zu einer Kugel): *Was ist schwerer: die Kugel bzw. Rolle oder die Platte bzw. die Kugel zusammen?* Anschließend wird die vorab entstandene flache Platte (bzw. Kugel) durch den Interviewer in kleine Einzelteile zerlegt: *Was ist schwerer?*

Anja entscheidet sich in beiden Fällen für Gewichtsgleichheit (Z. 93, 100). In ihren Erklärungen wird deutlich, dass ihr bewusst ist, dass eine Gewichtsveränderung sich nur durch eine Mengenveränderung ergibt (Z. 93, 95, 102). Da in den beiden Situationen die Knetmenge gleich geblieben ist und nur die Form der Kugel verändert wurde, kann sie daraus folgerichtig schließen, dass dies keine Auswirkung auf das Gewicht hat. Hierbei lässt sie sich nicht durch eine größere Anzahl der Einzelkugeln gegenüber der Vergleichskugel oder über den visuell wahrnehmbaren Formunterschied von Platte und Vergleichskugel beeinflussen.

Dieses Konzept deckt sich mit dem bereits in den Konzepten zum Gewichtsvergleich aktivierten Dichtekonzept und beinhaltet die Tatsache, dass sich das Gewicht eines Ge-



genstandes nur durch eine Veränderung seiner Materialmenge („Konfettibegründung“) verändert. Interessanterweise führt sie in beiden Fällen zunächst auch einen manuellen Vergleich durch, auf den sie jedoch in ihren Erläuterungen nicht eingeht. Die genaue Ursache hierfür wird nicht deutlich. Eine mögliche Erklärung ist, dass sie die manuellen Vergleiche durchführt, weil diese in den vorangegangenen Aufgaben immer wieder erforderlichlich waren.

## Zusammenfassung

Anja trifft ihre Entscheidungen in den geforderten Situationen sehr schnell und kann sie problemlos verbal begründen. Dies zeigt, dass bei ihr die Invarianz ein sicher verankertes Konzept darstellt. Nach PIAGETS Kategorien für Konservierungsaufgaben zeigen Anjas Begründungen, dass sie sowohl die Identität (Z. 93, 102) als auch die Kompensation (Z. 102) erkennt.

## Konzept Transitivität

Anja verfügt über ein Konzept, das die Transitivitätsregel beinhaltet. Der folgende Interviewausschnitt zeigt ihre Anwendung der Transitivitätsregel in Aufgabe 1.6a.

- (Int. 1.1, 17:15-18:44)
- 103 (Nachdem Anja die Klebstoff-Flaschen paarweise (B und C sowie A und B) miteinander verglichen hat, stellt I. die drei Klebstoff-Flaschen vor A. auf den Tisch.)
- 104 I: *Sortier die bitte nach dem Gewicht.*
- 105 (A. stellt die Flaschen nach Gewicht sortiert vor sich auf.)
- 106 I: *Du hast die so hingestellt, ganz schnell. Wieso hast du das so gemacht?*
- 107 A: *Weil ich finde die (hebt Flasche A an) hier ist schwerer als die (deutet auf Flasche B) und die ist noch schwerer als die (Flasche C) hier.*
- 108 I: *Und was ist dann mit den beiden (deutet auf die Flaschen A und C)?*
- 109 A: *Also, die (Flasche A) ist viel schwerer dann als die (Flasche C) hier. (Dabei hebt sie beiden Flaschen vergleichend hoch.)*
- 110 I: *Woher weißt du das?*
- 111 A (hält die beiden Flaschen noch immer in der Hand): *Man kann die auch so fühlen. Und dann ist die (Flasche) viel leichter.*
- 112 I: *Aber wenn man die nicht fühlt. Du hast die direkt so hingestellt.*
- 113 (...)
- 114 A: *Weil ehm die (Flasche C) ist am wenigsten Gewicht, das ist die (Flasche A), die, find ich, am meisten Gewicht hat, dann kann(.)können die nicht gleich sein und also auch nicht nah so aneinander.*
- 115 I: *Du wusstest, wie es mit den beiden (B und C) ist. (A. nickt.) Und du wusstest wie es mit den beiden (A und B) ist.*
- 116 A (nickt): *Mhm.*
- 117 (5sec)
- 118 I: *Dann hast du sie einfach direkt so hingestellt. Wusstest, dass die schwerer ist als die und die ist schwerer als die.*
- 119 (A. nickt.)

**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere Klebstoffflaschen. Der Interviewer schiebt die zwei leichteren Flaschen B und C direkt vor das Kind: *Welche ist schwerer?* Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält das Kind die Aufforderung, die schwerere Flasche B mit einer dritten (noch schwereren) Flasche A zu vergleichen: *Welche ist von diesen beiden schwerer?* Abschließend stehen alle drei Flaschen vor dem Kind: *Sortiere diese drei Klebstoff-Flaschen nach ihrem Gewicht.*

- 120 I: *Wusstest aber nichts über diese beiden, hast sie aber trotzdem so hingestellt. Konntest du es irgendwie wissen?*  
121 A: *Ja, weil wenn die hier (A) schwerer also wenn die, die schwerer ist <als die> (B).*  
122 I: *<Mhm>.*  
123 A: *Und diese (B) noch schwerer ist als die hier (C), dann muss die hier (A) auch schwerer sein als die (C).* (Während A dies erklärt, zeigt sie auf die entsprechenden Flaschen.)

Nachdem Anja die Klebstoff-Flaschen B und C und anschließend die Klebstoff-Flaschen A und B jeweils paarweise miteinander verglichen hat, sortiert sie die drei Klebstoff-Flaschen in der richtigen Reihenfolge. Dabei führt sie den noch nicht durchgeführten Gewichtsvergleich der schwersten mit der leichtesten Flasche nicht durch, sondern wendet folgerichtig die Transitivitätsregel an. Als sie gefragt wird, woher sie das Gewichtsverhältnis der Flaschen A und C kennt, führt sie noch den Gewichtsvergleich paarweise manuell durch (Z. 109). Hier ist sie kurzfristig durch die Nachfrage verunsichert. In ihrem ersten Erklärungsansatz (Z. 114) führt sie deswegen an, dass man den Gewichtsvergleich manuell wahrnehmen kann. Obwohl sie also zunächst das Konzept mit der Transitivitätsregel aktiviert hat, greift sie bei der Verbalisierung ihres Vorgehens zuerst auf den aktiven Vergleich zurück. Letztlich kann sie dann aber die angewandte Transitivitätsregel auch verbalisieren (Z. 121, 123). Diese Passage zeigt, in welchem Konflikt ein Interviewer oftmals steht: Die Beobachtung zeigt, dass ein bestimmtes Wissen vorhanden ist – aber kann ein Kind dieses Wissen auch verbalisieren? Der Interviewer versucht dies durch die Frage in Zeile 110 herauszufinden. Anja wird durch diese Frage offensichtlich verunsichert und versteht sie eventuell sogar als Kritik, woraufhin sie den noch „fehlenden“ manuellen Vergleich anschließt. Als der Interviewer versucht, Anja von dieser Fehlinterpretation der Nachfrage abzubringen, lenkt er das Interview in den Zeilen 115-120 stark – möglicherweise zu stark.

### Zusammenfassung

Ihre spontane richtige Sortierung zeigt, dass Anja über ein Konzept der Gewichtstransitivität verfügt und es in entsprechenden Situationen aktivieren kann.

### 2.1.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“

#### **Konzept: Einheiten**

Anja kennt die Einheiten Gramm und Kilogramm und weiß, dass sie in Beziehung zueinander stehen.

Der folgende Interviewausschnitt zeigt, dass sie in der Lage ist, die unterschiedlichen Größenordnungen einzuschätzen, die durch die Einheiten Gramm und Kilogramm beschrieben werden.

(Int. 1.2, 13:29-13:37)







- 124 (A wiegt einen Apfel mit der digitalen Waage.)  
125 A: *Mm. 155...*

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, bei denen es das Gewicht bestimmen soll: *Wiege, wie schwer ... ist!*







- 126 I: Gramm.  
 127 A (nickt): Mhm.  
 128 I: 155 Gramm.  
 129 A: Kilogramm wär 'n bisschen sehr schwer.

Beim Auswiegen des Apfels (Aufgabe 2.3) gibt sie sein Gewicht ohne eine Einheit an. Nachdem der Interviewer die Einheit Gramm hinzufügt, bestätigt sie diese Ergänzung durch die Erläuterung, dass ein Gewicht von 155 Kilogramm für einen Apfel zu schwer wäre (Z. 129). Hierbei wird deutlich, dass sie in der Lage ist, die Einheiten Gramm und Kilogramm in Verbindung mit einer Maßzahl in Hinblick auf das Gewicht eines Gegenstandes einzuordnen.

Dieser Eindruck wird auch durch den von ihr bearbeiteten schriftlichen Test bestätigt, in dem sie, abgesehen von zwei Ausnahmen, die jeweils passenden Einheit verwendet.

Wie schwer sind die Sachen? Schätze das Gewicht und schreibe es auf!	
1	 Ranzen <u>10,0 kg</u>
2	 Apfel <u>50 g</u>
3	 Elefant <u>100 Tonnen</u>
4	 Tischtennisball <u>5 g</u>
5	 Flasche Milch <u>20 g</u>
6	 Fahrrad <u>3 kg</u>

Anja, schriftlicher Test, S. 4/5

Gramm oder Kilogramm? Schreibe g oder kg!	
1 	20 g
2 	25 kg
3 	100 g
4 	1 g
5 	1 kg
6 	10 g

Anja, schriftlicher Test, S. 10/11

So gibt sie das Gewicht von Gegenständen wie einem Schulranzen, einem Fahrrad, einem Sack Kartoffeln sowie einer Packung Mehl mit der Einheit Kilogramm an, während sie das Gewicht von z.B. einem Brief, zwei Büroklammern, einer Tafel Schokolade, einem Apfel sowie einem Tischtennisball mit der Einheit Gramm notiert. Die zwei Ausnahmen von diesen korrekten Zuordnungen treten bei der Gewichtsangabe für eine Flasche Milch auf – hier verwendet sie die Einheit Gramm mit der zu kleinen Maßzahl 20 – und bei einem mit Wasser gefüllten Eimer – hier setzt sie die Einheit Gramm ein. Im letzten Fall handelt es sich um eine Aufgabe, bei der die Maßzahl bereits vorgegeben ist und nach der Ergänzung der richtigen Einheit gefragt war. Der hier aufgetretene Fehler lässt sich u. U. darauf zurückführen, dass sie in der bildlichen Darstellung nicht erkannt hat, dass es sich um einen gefüllten Eimer handelt. In diesem Fall stand sie vor der Frage, sich zu entscheiden, ob ein (leerer) Eimer eher 10 Gramm oder 10 Kilogramm wiegt und hat sich bei dieser Gegenüberstellung für 10 Gramm entschieden. Es lässt sich auch nicht ausschließen, dass die Größe des abgebildeten Eimers bei der Zuordnung der Einheit eine Rolle gespielt hat. Da jedoch keiner der Gegenstände im Test in Originalgröße abgebildet war und Anja bei den anderen kleinen Bildern jeweils die richtige Einheit zugeordnet hat, ist diese Möglichkeit als eher unwahrscheinlich einzustufen.

Neben den Einheiten Gramm und Kilogramm verwendet Anja im schriftlichen Test auch die Einheit Tonne. Sie gibt das Gewicht eines Elefanten mit 100t an. Ein Elefant wiegt in der Regel 7t. Die Einheit Tonne ist hier also üblich (man spricht üblicherweise in diesem Zusammenhang nicht von 7000kg), die Maßzahl aber deutlich zu hoch. Die Wahl der Einheit Tonne sowie die verhältnismäßig hohe Maßzahl zeigen, dass sie einen Elefanten für „sehr“ schwer hält. Dies wird insbesondere auch in Relation zu ihren anderen Schätzangaben deutlich (Schulranzen 10kg, Apfel 50g, Tischtennisball 5g, Flasche Milch 20g, Fahrrad 3kg), bei denen sie neben den kleineren Einheiten Gramm und Kilogramm auch deutlich kleinere Maßzahlen wählt.

In der Regel gehört für Anja eine Einheit bei einer Gewichtsangabe dazu: Im schriftlichen Test verzichtet sie nicht ein einziges Mal auf eine Einheit. Im Laufe der Interviews gibt sie zwar das Gewicht eines Gegenstandes manchmal nur mit der Maßzahl an. Dies kann jedoch damit zusammenhängen, dass es umgangssprachlich nicht unüblich ist, die Einheit nicht zu nennen, wenn sie vorher schon genannt wurde.<sup>55</sup>

(Int. 1.2, 03:21-03:41)

130 I: *Aha, und kannst du ablesen, wie schwer du auf der Waage bist?*

131 (.)

132 A: *So ungefähr vierzig Kilogramm. (.) Um <die vierzig so.>*

133 I: *<Kannst du's> noch ein bisschen genauer sagen?*

134 A: *Vierundvierzig, glaub ich mal.*

135 I: *Wieso glaubst du vierundvierzig?*

136 A: *Weil das so'n bisschen zwischen dem Strich 43 und 44 ist.*

In der folgenden Interviewsequenz zeigen sich ihre Vorstellungen von den Begriffen Gramm und Kilogramm:

(Int. 1.2, 02:18-02:25)

137 I: *Weißt du, was der Unterschied zwischen Gramm und Kilogramm ist?*

138 A: *Ehm, Gramm ist weniger, Kilogramm ist mehr.*

139 I: *Weißt du, wie viel mehr ein Kilogramm ist?*

140 A: *Tausend Gramm.*

Dabei wird nicht ganz klar, was sie mit den Ausdrücken „weniger“ und „mehr“ ausdrücken will: Entweder meint sie, dass **ein** Gramm leichter („weniger“) ist als **ein** Kilogramm, oder dass man mit der Einheit Gramm das Gewicht von im Verhältnis leichteren Gegenständen angibt. Deutlich wird in dem Abschnitt dagegen, dass Anja die Umrechnungszahl 1000 mit den beiden Einheiten in Verbindung bringt (Z. 139f.).

### Zusammenfassung

Die Beispiele zeigen, dass Anja die verschiedenen Einheiten in ihr Konzept integriert hat. Sie ist in der Lage, in den entsprechenden Situationen das Konzept adäquat zu aktivieren: Ihre Konzepte beinhalten das Wissen,

- dass es unterschiedliche Einheiten gibt,

<sup>55</sup> Wer beim Metzger „500g Hackfleisch“ ordert, hört oft die Rückfrage beim Auswiegen „Sind 520 in Ordnung?“

- dass die Einheiten in Beziehung zueinander stehen; sie bringt die Umrechnungszahl 1000 mit den Einheiten in Verbindung,
- dass eine Gewichtsangabe aus Maßzahl und Einheit besteht sowie
- welche Einheit bei einem vorliegenden Gegenstand und einer vorgegebenen Maßzahl die Gewichtsangabe sinnvoll ergänzt.

### **Konzept: Umgang mit Maßangaben**

#### **Runden von Maßzahlen**

Anja verfügt über die Fähigkeit, Zahlen und somit auch Maßzahlen zu runden. Dies zeigt sich u.a. in der folgenden Interviewsituation, in der sie sich selbst mit Hilfe einer analogen Personenwaage wiegt:

(Int. 1.2, 03:21-03:41)

- 141 I: *Aha, und kannst du ablesen, wie schwer du auf der Waage bist?*  
142 (.)  
143 A: *So ungefähr vierzig Kilogramm. (.) Um <die vierzig so.>*  
144 I: *<Kannst du's> noch ein bisschen genauer sagen?*  
145 A: *Vierundvierzig, glaub ich mal.*  
146 I: *Wieso glaubst du vierundvierzig?*  
147 A: *Weil das so'n bisschen zwischen dem Strich 43 und 44 ist.*

Aufgefordert, ihr Gewicht anzugeben, gibt sie zunächst eine gerundete Maßzahl für ihr Gewicht an. Sie weist selbst daraufhin, dass sie eine gerundete Angabe macht, indem sie die angegebene Maßzahl mit „so ungefähr“ relativiert. Dass sie das Endergebnis rundet, kann man auf eine Unsicherheit zurückführen, das angezeigte Ergebnis richtig zu interpretieren, da sich der Zeiger zwischen zwei Skalenstrichen befindet und es ihr dadurch schwer fällt, sich für eine genaue Angabe zu entscheiden. Auch ihre Angabe einer möglichst genauen Zahl relativiert sie durch ein „glaub ich mal“ (Z. 145). Dies bestätigt die Annahme von Unsicherheit bei der Interpretation des Wägeergebnisses.

Während in diesem ersten Beispiel die Initiative zur Angabe eines gerundeten Ergebnisses von ihr ausging, war sie später dazu aufgefordert, das Wägeergebnis von 1986g für einen Sack Kartoffeln zu runden:

(Int. 1.2, 23:44-24:00)

- 148 I: *Wenn man das runden würde. 1986g sind ungefähr?*  
149 A: *Ungefähr 2000, also 1kg.*  
150 I: *2000g sind wie viele Kilogramm?*  
151 A: *Ehm, zwei.*  
152 I: *Zwei Kilo, ungefähr zwei Kilogramm.*

Auch diese Rundung fällt ihr nicht schwer, sie kann die Maßzahl 1986 auf 2000 runden. Bei der Umwandlung in die Einheit Kilogramm unterläuft ihr dann zwar ein Fehler, den sie aber selbst korrigieren kann, wodurch dieser Umwandlungsfehler auch als Versprecher gewertet werden kann.

## Rechnen mit Maßangaben

Es fällt Anja nicht schwer, mit Maßangaben zu rechnen. So hat sie keine Probleme, die Gewichtsergebnisse der Tafelwaage rechnerisch zu ermitteln, indem sie die Gewichte der verschiedenen Gewichtssteine summiert (vgl. Konzept *Wiegen*, Bsp. Tafelwaage, S. 111). Hier wird ihre arithmetische Leistungsstärke offensichtlich – auch das Rechnen im Zahlraum über tausend bereitet ihr in diesem Zusammenhang keinerlei Probleme. Diese Rechenfertigkeit zeigte sich schon im schriftlichen Test, in dem sie die dort zu errechnenden Wäageergebnisse der Tafelwaage alle richtig angab. Dabei stellten auch diejenigen Beispiele kein Problem dar, bei denen sie zur Berechnung des Gewichts eine Subtraktion durchführen musste, weil sich Gewichtssteine auf beiden Waagschalen befanden.

Dass Anja beim Auswiegen mit der Tafelwaage souverän mit Maßangaben rechnet (Addition, Subtraktion), belegt, dass sie dazu nicht nur in isolierten Rechenaufgaben fähig ist. Sie ist also in der Lage, ihr Konzept zum Umgang mit (Maß-)Zahlen (Rechnen, Runden,...) mit Konzepten zu vernetzen, die z.B. den handelnden Umgang mit Waagen beinhalten. Diese Flexibilität zeigt, dass es sich jeweils um gefestigte Konzepte handelt.

### 2.1.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“

#### Konzept: Wiegen als Vergleichsvorgang

Es zeigt sich an mehreren Stellen im ersten Interview, dass Anja weiß, dass es sich beim Auswiegen um einen Vorgang des Vergleichens handelt. Sie verfügt also über ein Konzept, in dem der Messvorgang als Vergleichsvorgang verstanden wird.

Anja kann den Messvorgang der Tafelwaage verbal erläutern, ohne ihn dabei durchzuführen. Das zeigt sich in Aufgabe 2.2:

- (Int. 1.2, 07:23-08:43)
- 153 I: *Hast du eine Idee, wie die Waage [Tafelwaage] funktioniert?*
- 154 A: *Da müssen, also da, das was schwerer ist, geht <runter>*
- 155 I: *<Mhm.>*
- 156 A: *und das ist auch eh eigentlich, wenn man z. B. (.) da gibt's manche Sachen, wenn die schwerer sind, da geht's eigentlich schneller runter*
- 157 I: *Mhm.*
- 158 A: *als leichter. Dann die die schwerer ist, die geht runter die Seite und die leichter ist bleibt oben.*
- 159 I: *O.K. Das ist, wenn man also Sachen vergleichen möchte. Wenn wir aber jetzt auswiegen wollen, wie schwer dieser Kleber ist, wie könnten wir das mit der Waage machen? Hast du 'ne Idee?*
- 160 A: *Mit denen hier (zeigt auf die Gewichtssteine.) Jetzt weiß ich nur nicht mehr, wie die heißen.*
- 161 I: *Das sind Gewichtssteine, <ne>?*
- 162 A: *<Ja>. Mit diesen Gewichtssteinen könnte man das machen.*
- 163 I: *Und eh, wie viele von den Gewichtssteinen bräuchte man für diesen Kleber?*

**Aufgabe 2.2:** Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage sowie eine Briefwaage: **Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen?** I. zeigt einzeln auf die Waagen: **Wo(für) verwendet man diese Waage?** Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand (Kleberflasche) aus!

- 164 A: *Einen Zwanziger, einen Zehner, einen Fünfer und z w e i Zweier.* [nutzt das Ergebnis der digitalen Waage]. *Hab ich auch mal auf'm Computerspiel gemacht.*  
 165 I: *Mhm. Du hast jetzt. Pass mal auf, wie schwer war der Kleber?*  
 166 A: *Eh, einsneun'dreißig.*  
 167 I: *139 Gramm.*  
 168 A: *Ja, mmh.*  
 169 I: *Jetzt hattest du gesagt, einen Zwanziger, einen Zehner, einen Fünfer und zwei Zweier, ne?*  
 170 A: *Und 'nen Hunderter.*  
 171 I: *O.K. Den Hunderter darf man nicht vergessen.*  
 172 A: *Ja.*  
 173 I: *Und wie wär das dann, gäb's dann was Schwereres, was Leichteres* (zeigt auf die Tafelwaage) *oder wie müsste die Waage dann aussehen?*  
 174 A: *Eigentlich gleich, also wenn die Waage* (zeigt auf die digitale Waage) *es richtig gezeigt hat.*

Als Anja danach gefragt wird, auf welche Weise das Gewicht einer Klebstoff-Flasche mithilfe einer Tafelwaage bestimmt werden kann, weist sie direkt auf die Nutzung der Gewichtssteine hin (Z. 160). Ihr ist das Gewicht der Klebstoff-Flasche aus einer vorangegangenen Wägung mit der digitalen Waage bekannt. Auf dieses Wissen greift sie zurück, um anzugeben, welche Kombination von Gewichtssteinen sie benötigt, um das Gewicht der Flasche bestimmen zu können. Dies zeigt, dass sie die Wäageergebnisse nicht als isolierte Ereignisse auffasst, sondern in der Lage ist, ein bereits erhaltenes Ergebnis für einen Gegenstand im Zusammenhang mit einer erneuten Wägung mit einer anderen Waage in Verbindung zu bringen, also Konzepte zu vernetzen. Im Fall des Gewichts der Klebstoff-Flasche vergisst sie zwar zunächst einen 100g-Gewichtsstein bei der theoretischen Zerlegung, dies hängt aber offensichtlich damit zusammen, dass sie sich auf die Zerlegung der übrigen 39 Gramm in geeignete Gewichtssteine konzentriert hat; auf Nachfrage ergänzt sie sofort den fehlenden 100g-Gewichtsstein (Z. 170). Die Zerlegung in Gewichtssteine bereitet ihr keine Probleme. Dies zeigt, dass sie ein gutes Zahlenverständnis hat und sich sicher im Zahlraum bewegt. Sie selbst weist darauf hin, dass sie derartige Aufgaben bereits im Rahmen eines Computerspiels kennen gelernt hat (Z. 164). Hierbei hat sie gespeichert, welche Gewichtssteine generell zur Verfügung stehen können. Sie geht nicht davon aus, dass es z. B. einen 3g-Gewichtsstein gibt, sondern geht von der üblichen Zerteilung in 100g, 20g, 10g, 5g, 2g sowie 1g aus. Diese Speicherung wird dadurch deutlich, dass sie sich nicht an den vor ihr liegenden Gewichtssteinen orientiert. Andernfalls wäre ihr in der theoretischen Zerlegung aufgefallen, dass in dem ihr zur Verfügung stehenden Gewichtsbausatz weder 20g- noch 2g-Gewichtssteine vorhanden sind.

(Int. 1.2, 08:33-08:43)

- 175 I: *Und wie wär das dann, gäb's dann was Schwereres, was Leichteres* (zeigt auf die Tafelwaage) *oder wie müsste die Waage dann aussehen?*  
 176 A: *Eigentlich gleich, also wenn die Waage* (zeigt auf die digitale Waage) *es richtig gezeigt hat.*

Sie weiß, dass sich die Waagschalen bei richtigem Ergebnis im Gleichgewicht befinden. Dies zeigt, dass sie auf ein Konzept zurückgreift, in dem eine Vorstellung über den Messvorgang als Vergleichsvorgang gespeichert ist, da ihr bewusst ist, dass eine falsche Gewichtssteinkombination zu einem Ungleichgewicht führen würde. Im vorliegenden Fall würde sie dieses Ungleichgewicht auf einen Fehler der digitalen Waage zurückfüh-



ren (Z. 176), womit sie implizit aussagt, dass sie dem sichtbaren Messvorgang der Tafelwaage mehr vertraut als dem unsichtbaren der digitalen Waage.

Auch das folgende Beispiel aus Aufgabe 2.3 belegt, dass in dem von ihr aktivierten Konzept Messen als Vergleichsvorgang verstanden wird:

- (Int. 1.2, 14:25-14:30)
- 177 A hat den Tischtennisball mit der digitalen Waage gewogen und weiß jetzt, dass er drei Gramm wiegt.
- 178 I: *Wie viel von den 1g-Stücken bräuchtest du denn dann?*
- 179 A: *Für diesen [Tischtennisball]? (.) Drei.*

Sie ist in der Lage, aus dem Wägeergebnis der digitalen Küchenwaage für den Tischtennisball zu schließen, dass der Ball genauso schwer ist wie drei der 1g-Gewichts-Steine, was ebenfalls einem Vergleichsvorgang entspricht.

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, bei denen es das Gewicht sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: *Schätze, wie schwer ... ist! Und **Wiege aus, wie schwer ... ist!***

### Zusammenfassung

Anja verfügt über ein Konzept, das das Wiegen als Vergleichsvorgang beinhaltet. Sie setzt verschiedene Wägungen desselben Gegenstandes in Relation zueinander und kann aus einem bekannten Gewicht auf eine passende Gewichtssteinkombination für das Wiegen auf der Tafelwaage schließen. Zudem weiß sie, dass die Waagschalen der Tafelwaage zum Auswiegen ins Gleichgewicht gebracht werden müssen.

### Konzept: Waagen

Von den vier Waagen (Personenwaage, Tafelwaage, analoge sowie digitale Küchenwaage) gibt Anja spontan an, die analoge Personenwaage und die analoge Küchenwaage aus dem häuslichen Umfeld zu kennen, und kann bei beiden Waagen ihren typischen Einsatzbereich benennen.

- (Int. 1.2, 02:40-02:54)
- 180 (Auf dem Tisch vor A stehen eine analoge Personenwaage, eine analoge sowie eine digitale Küchenwaage und eine Tafelwaage.)
- 181 I: *Welche kennst du davon?*
- 182 A: *Also die Waage (zeigt auf die Personenwaage) kenn' ich von zu Hause. (.) Die Waage (zeigt auf die analoge Küchenwaage) kenn' ich auch von zu Hause.*
- 183 (.)
- 184 I: *Was macht man denn mit der Waage [Personenwaage]?*
- 185 A: *Da wiegt man sich selber.*

Im folgenden Interviewverlauf zeigt sich, dass sie auch über Wissen über die Tafelwaage verfügt (s.S. 110) sowie mit der digitalen Küchenwaage umgehen kann (vgl. Konzept *Wiegen*, S. 111).

**Aufgabe 2.2:** Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine Personenwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage (2.+3. Interview: sowie eine Briefwaage): *Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen? I. zeigt einzeln auf die Waagen: Wo(für) verwendet man diese Waage? Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand (Müsliriegel) aus!*

### Personenwaage

(Int. 1.2, 03:12-03:22)

186 I (A stellt sich auf die Waage.)

187 A: ??? *Das sagt immer nicht genau, weil wir haben eigentlich 'ne digitale, aber wir hatten auch mal so eine.*

Anja weiß, dass man mit Hilfe der Personenwaage das Körpergewicht einer Person bestimmen kann (Z. 185). Dabei weist sie, wie der Ausschnitt belegt, darauf hin, dass sie das Ergebnis einer analogen Personenwaage für ungenauer hält als das Ergebnis einer entsprechenden digitalen Waage. Das ist darauf zurückzuführen, dass das Ablesen des Ergebnisses bei einer analogen Waage Spielraum lässt, während dies bei einer digitalen Waage nicht der Fall ist.

Anja ist bewusst, dass sich die Personenwaage nicht dafür eignet, das Gewicht leichter Gegenstände wie z. B. einer Klebstoff-Flasche zu bestimmen:

(Int. 1.2, 06:40-07:04)

188 I: *Wenn du den Kleber jetzt auf 'ner anderen Waagen wiegen würdest, (.) würde der dann, könnte der dann was ganz anderes wiegen?*

189 A: *Also, wenn man den auf so 'ner Wiege, auf der man sich selber wiegt, wenn man den darauf wiegt, dann würde der ganz wenig wiegen, also dann würde man gar nicht sehen wie viel der wiegt.*

190 I: *Mhm.*

191 A: *Aber eigentlich, wenn das 'ne normale so 'ne Grammwaage wär, dann würde der eigentlich gleich viel wiegen.*

Als Begründung führt sie an, dass „*der dann ganz wenig wiegen würde*“ und spezifiziert dies zu der Aussage, dass „*man gar nicht sehen [würde], wie viel der wiegt*“. Diese Ergänzung macht deutlich, dass sie mit ihrer ersten Begründung nicht meint, dass die Klebstoff-Flasche auf der Personenwaage weniger wöge, sondern ist vermutlich eher so zu verstehen, dass sie ausdrücken möchte, dass die Waage „*ganz wenig*“ anzeigen würde, und zwar so wenig, dass man es nicht ablesen könnte, da diese Waage nicht für das Auswiegen geringer Gewichte geeignet ist. Die Begründung zeigt, dass ihr offenbar bewusst ist, dass die Personenwaage eine zu grobe Skala hat, um das Gewicht bestimmter Gegenstände anzuzeigen; sie kann dies aber nur schwer verbalisieren.

### Analoge Küchenwaage

(Int. 1.2, 04:00-04:14)

192 I: *Und so eine [analoge Küchenwaage] habt ihr auch zu Hause?*

193 A: *Ja. (.) Und da kann man 'ne Schlüssel auch draufstellen und so.*

194 I: *Wofür verwendet ihr die zu Hause?*

195 A: *Ehm, um ehm z.B. Zucker abzuwiegen (.) oder Mehl.*

Für die analoge Küchenwaage formuliert sie nicht einen allgemeinen Einsatzzweck, sondern nennt Beispiele aus dem Einsatzbereich Backen (Z. 195).

### Tafelwaage

(Int. 1.1, 01:56-02:17)

196 I (stellt eine Tafelwaage auf den Tisch): *Hast du so eine Waage schon mal gesehen?*

197 A: *Ja, in'm Buch.*

198 I: *Mhm. Weißt du, wie die funktioniert?*

- 199 A: *Kann man die Sachen einfach drauflegen und dann sieht man, was schwerer ist und was leichter.*  
 200 I: *Woran sieht man das denn?*  
 201 A: *Hier dran* (A. zeigt auf die Metallfahnen), *an diesen Zungen.*  
 202 I: *Mhm. Und (..) woher weißt du dann, welche Sache schwerer ist?*  
 203 A: *Von der Zunge, die unten ist.*

Bei der Tafelwaage gibt sie an, dass sie diese in ihrer Funktion des direkten Gewichtsvergleichs schon einmal in einem Buch gesehen hat (Z. 199). Dabei weiß sie, dass der Gewichtsvergleich durch einen Vergleich der vertikalen Positionen der Waagschalen, ersichtlich an der Stellung der Metallfahnen zueinander, vollzogen wird (Z. 201, 203). Die Möglichkeit, mit Hilfe der Tafelwaage das Gewicht eines Gegenstandes zu bestimmen, erwähnt sie bei der Funktionsbeschreibung in diesem Zusammenhang nicht. Im weiteren Interviewverlauf wird jedoch deutlich, dass ihr auch diese Funktion bekannt ist und sie sie nutzen kann (vgl. Konzept *Wiegen*, S. 111).

### Zusammenfassung

Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass Anja bereits Konzepte mit einem umfassenden Wissen über verschiedene Waagentypen aufgebaut hat. Sie kennt gängige Waagentypen (Küchen- und Personenwaage) offensichtlich aus dem Alltag und kann ihren Einsatzzweck benennen (Körpergewichtsbestimmung, Backen). Ihr ist bewusst, dass jede Waage nur für Gegenstände bestimmter Gewichtsklassen geeignet ist und entsprechend das Gewicht anderer Gegenstände aufgrund zu grober bzw. feiner Skala nicht (zuverlässig) anzeigen kann. Außerdem kann sie sowohl den direkten Gewichtsvergleich als auch die Gewichtsbestimmung mit der im Alltag selten gewordenen Tafelwaage beschreiben.

### Konzept: Wiegen

Es zeigt sich, dass Anja ihr Vorwissen über verschiedene Waagentypen einsetzen kann, um mit unterschiedlichen Waagen umzugehen, auch mit ihr unbekannten.

### Tafelwaage

Das folgende Beispiel aus Aufgabe 1.2 zeigt, dass die Durchführung eines direkten Gewichtsvergleichs mithilfe der Tafelwaage kein Problem für Anja darstellt. Nachdem sie das Prozedere bereits vor dem Wägevorgang theoretisch erläutert hat (s. Konzept: *Waagen*, S. 109), führt sie die Wägung selbständig durch:

**Aufgabe 1.2:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Gegenstände, der Gewichtsunterschied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehmbar: *Was ist schwerer?*

- (Int. 1.1, 02:37-02:54)  
 204 (A. legt die Kassette und die Taschentuchpackung jeweils auf eine Waagschale und wartete, bis die Waage in Ruhestellung ist.)  
 205 A: *Kassette ist eindeutig schwerer.*  
 206 I: *Woran siehst du das?*  
 207 A: *Weil die Zunge weiter unten ist.*

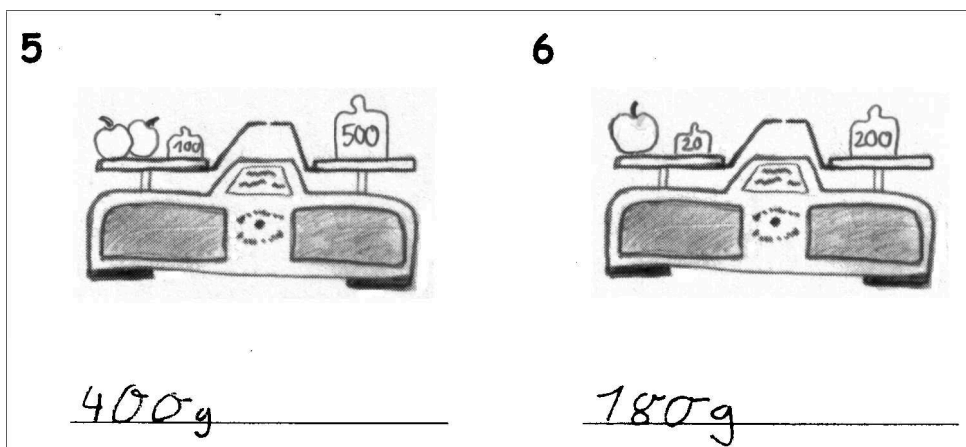
In Aufgabe 2.2 ist sie aufgefordert, mithilfe der Tafelwaage das Gewicht einer Klebstoff-Flasche zu bestimmen. Zu beachten ist, dass Anja das Gewicht der Klebstoff-Flasche (139g) schon aus einer vorangegangenen Wägung kennt:

**Aufgabe 2.2:** Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage sowie eine Briefwaage: *Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen?* I. zeigt einzeln auf die Waagen: *Wo(für) verwendet man diese Waage? Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand (Kleberflasche) aus!*

- (Int. 1.2, 08:45-12.11)
- 208 I: *Möchtest du es einmal ausprobieren* (stellt die Klebstoff-Flasche vor A auf den Tisch)? *(.) Mit der Waage.*
- 209 (A nickt und stellt die Klebstoff-Flasche auf die eine Waagschale.)
- 210 A: *Also das ist wahrscheinlich 'nen Hunderter* (nimmt einen 100g-Stein und legt ihn auf die andere Waagschale).
- 211 I: *Mhm.*
- 212 A: *Hier sind gar keine Zwanziger, muss man drei Zehner nehmen.* (A legt drei 10g-Steine auf die Waagschale.) *Und weil's auch keine Zweier gibt, muss man neun Einer nehmen* (A beginnt nacheinander die Einer auf die Waagschale zu legen.)
- 213 I: *Genau. Und jetzt hast du gleich ein Problem, wir haben nämlich nur sieben Einer.*
- 214 A legt weiter die 1g-Steine auf die Waagschale): *Sechs, sieben.*
- 215 (I stößt die Waage, die manchmal „hängt“, an, damit sie beginnt sich auszutarieren.)
- 216 A: *Dann müsste das hier noch'n bisschen leichter sein als die Kleberflasche, weil das ja nur sieben sind. (.) Und da fehlt einer. (.) Also zwei Gramm.*
- 217 I: *Zwei Gramm fehlen, ne?*
- 218 A (nickt): *Mhm.*
- 219 I: *Ich behaupte, wir könnten es trotzdem versuchen, herauszukriegen, (6 Sek) (A überlegt) obwohl wir nicht genug Kleine haben.*
- 220 A: *Dass man irgendwie den Abstand misst und das daran erkennt.*
- 221 I: *Mhm. Das ist aber ganz schön schwierig, weil wir wissen ja nicht, wie viel Abstand, was bedeutet.* (A nickt.)
- 222 A: *Also, wenn man das wüsste, dann wär's nicht so schwer. (6 Sek.) Also ob das irgendwie weit oder <nicht viel>*
- 223 I: *<Pass mal> auf, ichnehm mal diese kleinen wieder runter* (I nimmt die 1g-Steine wieder von der Waagschale). *??? Wir wissen ja, die Kleberflasche wiegt ungefähr 140g, ne?*
- 224 A: *Da könnte*
- 225 I: *Eigentlich 'nen bisschen leichter*
- 226 A: *Da könnte man noch 'nen Zehner nehmen.* (A legt einen 10g-Stein auf die Waagschale)
- 227 I: *Nehmen wir noch 'nen Zehner und probieren mal, was dann passiert.*
- 228 A (Während sich die Waage austariert.): *dann müsste das* (zeigt auf die Waagfläche mit den Gewichtssteinen) *nämlich auch 'n bisschen schwerer sein als die Kleberflasche.*
- 229 I: *Genau.*
- 230 A: *Aber nur so ein Gramm.*
- 231 I: *Und jetzt wollen wir mal wissen, wie kriegen wir denn raus, ob's ein Gramm schwerer ist. Überleg mal, ob dir was einfällt, ob du 'ne Idee hast.*
- 232 A: *Mit 'nem ganz kleinen Abstand, also nicht so 'nem großen.*
- 233 I: *Aber mit dem Abstand können wir's, glaub ich, nicht rauskriegen.*
- 234 A: *Oder man legt einfach ehm ohne irgendwas anderes da drauf ein Gramm da drauf, dann weiß man, ob (.) wie der runter geht.*
- 235 I: *Du meinst, ja aber das ist vielleicht auch ungenau. Was wäre denn* (I nimmt einen 1g-Stein) *mal angenommen du würdest dieses Grammstück auf die Seite vom Kleber tun?*
- 236 (A legt den 1g-Stein auf die Waagschale mit dem Kleber.)
- 237 A: *Ahja. (...) Das hab ich auch schon mal im Mathebuch gesehen. ???* (A beobachtet die Austarierung der Waagschalen.)
- 238 I: *Und?*
- 239 A: *Die Kleberflasche ist noch mal leichter.*
- 240 I: *Immer noch, immer noch zu leicht.*
- 241 A (nickt und ergänzt einen weiteren 1g-Stein): *Dann probiert man einfach noch einen da drauf zu legen.*

- 242 I: *Mhm.*  
 243 A: *So lange, bis die gleich schwer eigentlich sind.*  
 244 (A beobachtet das Austarieren.)  
 245 A: *Ich glaub, das passt irgendwie so ungefähr.*  
 246 I: *Wie schwer wär dann die Kleberflasche denn jetzt?*  
 247 A: *Ehm, (...) Hundert a c h t ' n d r e i ß i g , da hat die Waage [digitale Küchenwaage] sich dann vertan.*

Im Vorfeld hat Anja theoretisch erläutert, wie sich der Wägeprozess gestaltet, und zu diesem Zweck das ihr aus einer Wägung mit der digitalen Waage bereits bekannte Gewicht der Klebstoff-Flasche selbständig in geeignete Gewichtssteine zerlegt (vgl. Z. 153-174 auf S. 107f.). Als sie dann aufgefordert wird, den Wägevorgang durchzuführen, fällt ihr auf, dass keine 20g-Gewichtssteine zur Verfügung stehen. Deswegen zerlegt sie spontan die 20 Gramm in zwei 10g-Steine, entsprechend geht sie mit der Zerteilung fehlender 2g-Gewichtssteine um (Z. 212). Da ihr nur sieben 1g-Gewichtssteine zur Verfügung stehen, sie aber neun bräuchte, ist sie zu einer Problemlösung aufgefordert.<sup>56</sup> Dabei verfolgt sie zunächst die Idee, den Abstand zwischen den beiden Metallfahnen entsprechend zu interpretieren. Sie schlägt vor, zu messen, wie groß der Abstand bei einem Gramm Unterschied ist, und dies dann auf den Wägevorgang zu übertragen (Z. 221), was grundsätzlich eine gute Idee darstellt, praktisch aber zu ungenau ist. Der Interviewer weist sie (mehrfach) darauf hin und schlägt ihr deswegen die Möglichkeit vor, die Gewichtsstein-Waagschale schwerer (140g) als die Klebstoff-Flaschen-Waagschale zu machen. Durch diesen Lösungsvorschlag lenkt er den Interviewverlauf, und obwohl es sich um einen anspruchsvollen Umgang mit der Tafelwaage handelt, reicht sein Hinweis für Anja als Anstoß. Sie erwähnt, dass sie dieses Vorgehen schon im Mathematikbuch gesehen hat; außerdem hat sie bereits bei der Bearbeitung des schriftlichen Tests gezeigt, dass sie über dieses Wissen verfügt, wie der Auszug aus ihrem Testheft zeigt:



Anja, schriftlicher Test, Ausschnitt letzte Seite

<sup>56</sup> Diese Aufgabensituation entstand ungeplanter Weise aufgrund eines unvollständigen Gewichtssatzes. Ein Kind war in der Lage, diese Aufgabe trotzdem selbständig zu lösen.

Hier hatte ihr das Ablesen bzw. Ausrechnen der entsprechenden Tafelwaagenaufgaben auf der letzten Testseite, bei denen bei zwei der sechs Aufgaben genau diese Variante mit Gewichtssteinen auf beiden Waagschalen auftrat, ebenfalls keine Probleme bereitet. Sie kannte diese Möglichkeit des Auswiegens also schon aus der Theorie (Mathematikbuch, Test). Im Interview führt der Interviewerhinweis dazu, dass sie auf der Klebstoff-Flaschen-Waagschale Gewichtssteine ergänzt, bis die Waage im Gleichgewicht steht. Dies zeigt, dass es sich in diesem Fall um passives Wissen handelt, dass in der praktischen Umsetzung noch nicht selbständig automatisch als Konzept aktiviert und dadurch angewendet werden kann. Es stellt aber kein Problem für sie dar, die Anregung zu verstehen und umzusetzen.

Beim anschließenden Ablesen des Wäageergebnisses beweist sie dann, dass es ihr keine Probleme bereitet, das Gewicht auszurechnen.

(Int. 1.2, 12:33-12:42)

248 I: *Aber woher weißt du jetzt, dass es 138 sind, wir haben auf der Seite jetzt 140g liegen, ne.*

249 A: *Und dann hier einfach (.) einfach zwei abrechnen, weil wir ja zwei noch auf die andere Seite getan haben.*

Für Anja ist selbstverständlich, dass sie in diesem Fall neben der Addition der Gewichtssteine der einen Waagschale auch eine Subtraktion der auf der anderen Seite liegenden Gewichtssteine durchführen muss. Hierbei handelt es sich nicht nur um „einfaches Auswiegen“, sondern um einen komplexen Vorgang, da man auf beiden Seiten subtrahieren muss, um das Gewicht zu erhalten. Anja verfügt über ein Konzept, das das Verständnis hierfür beinhaltet.

### Analoge Personenwaage

Auch mit der analogen Personenwaage kann Anja umgehen:

(Int. 1.2, 03:00-03:41)

250 (A zieht ihre Schuhe aus.)

251 I: *Oh, was machst du denn?*

252 A: *Meine Schuhe wiegen so viel. Hab ich auch zu Hause mal gewogen.*

253 I: *Mhm. (.) Und das macht dann einen Unterschied?*

254 A: ???

255 (A stellt sich auf die Waage.)

256 A: ??? *Das sagt immer nicht genau, weil wir haben eigentlich 'ne digitale, aber wir hatten auch mal so eine.*

257 I: *Aha. Und kannst du ablesen, wie schwer du auf der Waage bist?*

258 (.)

259 A: *So ungefähr vierzig Kilogramm. (.) Um <die vierzig so.>*

260 I: *<Kannst du's> noch ein bisschen genauer sagen?*

261 A: *Vierundvierzig, glaub ich mal.*

262 I: *Wieso glaubst du vierundvierzig?*

263 A: *Weil das so'n bisschen zwischen dem Strich 43 und 44 ist.*

Ihr ist es wichtig, ihr Körpergewicht ohne das Gewicht ihrer Schuhe zu bestimmen, da sie weiß, dass das Schuhgewicht das Ergebnis beeinflusst. Auf den Einfluss ihrer Kleidung auf das Gewicht geht sie jedoch nicht ein. Als sie auf der Waage steht, liest sie das Ergebnis ab. Hierbei fällt auf, dass sie zunächst nur ein ungefähres Ergebnis angibt, das

sie erst auf Nachfrage präzisiert. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass der Waagenzeiger nicht genau auf einen Strich der Skala zeigt, sondern sich zwischen zwei Skalenmarkierungen befindet.

### Analoge Küchenwaage

Auch beim Umgang mit der analogen Küchenwaage fällt auf, dass Anja bereits auf ein umfangreiches Wissen in Bezug auf den Umgang mit Waagen zurückgreifen kann:

(Int. 1.2, 04:17-06:09)

- 264 I: *Kannst du mir mal z. B. auswiegen, wie schwer dieser Kleber ist?*  
 265 A: *Mhm. Also eigentlich muss erst mal (dreht am Tara-Rädchen), der Strich so, dass er auf der Null ist.*  
 266 I: *Mhm. Warum muss der auf der Null sein?*  
 267 A: *Weil sonst würde der ja vielleicht weniger wiegen, wenn der, wenn der hinter der Null wäre und vor der Null wär, würd' man denken, dass der mehr wiegt.*  
 268 I: *O.K.*  
 269 (A stellt die Klebstoff-Flasche auf die Waagfläche und guckt auf die Skala.)  
 270 A: *Der wiegt (..) hundert (.) hundertfünfzig, so um die hundertfünfzig (.) Gramm.*  
 271 I: *Kannst du mir ganz kurz erklären, wie oder was die Striche zu sagen haben, wie viel die einzeln, wie viel die einzelnen zählen?*  
 272 A: *Also der lange Strich, das ist hundert.*  
 273 I: *Mhm.*  
 274 A: *Und da ist immer zweihundert, vierhundert (dabei deutet sie auf die jeweiligen Striche der Skala) auch gemalt.*  
 275 I: *Mhm.*  
 276 A: *Und dann diese kleinen Striche, das sind (guckt nachdenklich) (4 Sek.) das sind glaub ich irgendwie 25 oder so. Oder zwanzig. Oder sechzig oder sowas.*  
 277 I: *Ja, lass uns mal genau überlegen, was es ist. (.) Wie viel Striche sind denn dazwischen <zwischen Null>*  
 278 A: *<Hundert und> Null.*  
 279 I: *Zwischen Null und Hundert sind wie viel?*  
 280 A (beugt sich über die Skala und zählt): *Vier.*  
 281 I: *O.K. Dann müssen wir jetzt mal überlegen. (...) Wie viel ist dann ein kleiner Strich?*  
 282 A: (8 Sek.) *Irgendwie glaub irgendwie so dreißig. (..) Oder irgendwas mit, irgendwas mit zwanzig. Weil dreißig da wären's ehm (..) drei Striche, weil eigentlich drei mal drei ist neun und dann muss ja ehm dass ist dann neun das wär dann neunzig und dann so zwanzig, achtundzwanzig oder so.*  
 283 I: *Also wollen wir mal mit zwanzig probieren, ob's zwanzig sind?*  
 284 (A nickt.)  
 285 I (zählt mit den Fingern mit): *Dann wär der erste Strich zwanzig, der zweite*  
 286 A: *Vierzig, Sechzig, Achtzig,*  
 287 I: *Genau, das wär der vierte Strich. Und dann kommt der <Hunderter>*  
 288 A: *<Hunderter Strich.>*  
 289 I: *Passt also, ne? (A nickt.)*

Anja kennt die Tara-Funktion der Waage. Als sie aufgefordert ist, das Klebstoff-Flaschengewicht zu bestimmen, ist es für sie selbstverständlich, mithilfe der Tara-Funktion die Waage zunächst in Nullstellung zu bringen (Z. 265). In ihrer Begründung (Z. 267) wird deutlich, dass sie weiß, wie sich das Wäageergebnis andernfalls verändern würde. Beim anschließenden Ablesen des Ergebnisses interpretiert sie zwar zunächst die Bedeutung der kleinen Skalenstriche falsch, es wird aber deutlich, dass sie direkt überblickt hat, dass es sich nicht um 10g-Schritte handelt. So geht sie zunächst von 25g-Schritten aus, was darauf zurückgeführt werden kann, dass es sich um vier Striche zwi-

schen zwei Hundertern handelt. In diesem Fall hat sie nicht die Anzahl der Abstände, sondern die Anzahl der Striche zugrunde gelegt und somit statt der Division durch fünf die Division durch vier durchgeführt. Nachdem sie gemeinsam mit dem Interviewer die Skalaschritte erarbeitet<sup>57</sup> hat, kann sie dann das Gewicht ablesen:

(Int. 1.2, 06:30)

290 (A liest noch einmal das Messergebnis ab.)

291 A: *Das wär dann 140, so um die 140 Gramm.*

In der folgenden Interviewsequenz ist Anja dazu aufgefordert, aus einem ihr vorliegenden Rezept die Gewichtsangaben für Mehl und Zucker zu entnehmen und abzuwiegen. Es zeigt sich, wie souverän Anja den Umgang mit einer Waage in Situationen meistert, in denen der Wägeprozess in eine Alltagshandlung eingebettet ist.

(Int. 1.2, 24:22-26:58)

292 (A liest sich das Rezept durch.)

293 I: *Was ist das?*

294 A: *Das ist 'ne Backanleitung, ein Rezept für Plätzchen.*

295 I: *O.K. (.) Ich hab dir (.) von den Sachen, die wir brauchen, von den Zutaten zwei mitgebracht.*

296 A: *Mm.*

297 I: *Und möchte jetzt von dir, dass du mir die zwei Sachen so abwiegst, wie wir die brauchen.*

298 A: *Ja.*

299 I: *'Ne Schüssel, 'ne Waage, (.) Löffel, Mehl und Zucker.*

300 A: *Mhm. (.) Dann tu ich die erstmal drauf, die Schüssel. (A stellt die Schüssel auf die Waagschale der analogen Küchenwaage und dreht am Tara-Rädchen.)*

301 I: *Und was machst du jetzt?*

302 A: *Auf Null stellen.*

303 I: *Mhm.*

304 A: *Und jetzt? ??? Was ist das hier? (A liest die Packungsaufschrift.) Mehl drin*

305 I: *Wie viel Mehl brauchst du?*

306 A: *Ehm, 100 Gramm. (A löffelt Mehl in die Schüssel, beobachtet dabei die Skala.) Noch ein bisschen. So.*

307 I: *Mhm.*

308 A: *Das steht jetzt auf dem kleinen Strich, also 100 Gramm.*

309 I: *O.K. 100 Gramm haben wir also schon mal. (.) Und jetzt brauchen wir noch?*

310 A: *Zucker.*

311 I: *Mhm.*

312 A: *50g. (.) Und dann noch darein mit dem Mehl. (.) Also ins Mehl rein.*

313 I: *Mhm. (.) Wie viel muss denn dann hinterher drin sein.*

314 A: *50. Also es müssen 150 insgesamt sein.*

315 I: *O.K.*

316 (A löffelt Zucker in die Schüssel und beobachtet dabei wieder die Skala.)

317 A: *Ja, so ungefähr. (.) Ist so in der Mitte dazwischen.*

318 I (guckt auf die Skala): *Mhm. Zwischen was (.) muss es ungefähr in der Mitte sein, zwischen?*

319 A: *Zwischen äh vier und (.) vierzig und sechzig. Hier ist ja vierzig und sechzig (A zeigt auf der Skala.)*

**Aufgabe 2.4:** Umgang mit Gewichten in einer Alltagssituation: 1. und 3. Interview: Zutaten für ein Rezept abwiegen; 2. Interview: Päckchen mit vorgegebenem Gewicht packen. Vor dem Kind liegen die für die Situation relevanten Materialien. 1. und 3. Interview: Nachdem das Kind das Rezept gelesen und als solches erkannt hat, wird es dazu aufgefordert, die entsprechenden Zutaten mit Hilfe einer von ihm frei wählbaren Waage abzuwiegen.

57 An dieser Stelle lenkt der Interviewer das Verhalten von Anja sehr stark. Ob die Motivation von Anja ausgereicht hätte, sich die Skala selbständig zu erarbeiten oder ob sie es bei ihrem ersten Ableseversuch belassen hätte, lässt sich nicht sagen.



Auch hier ist es für sie selbstverständlich, die Tara-Funktion zu nutzen. Dabei beachtet sie, dass sie zuerst die Schüssel auf die Waagschale stellt und dann erst die Waage in Nullstellungen bringt (Z. 300). Das Abwiegen der entsprechenden Mehl- und Zuckermengen stellt für sie kein Problem dar. Beim Abwiegen des Zuckers nutzt sie nicht die Tara-Funktion, sondern addiert das Zuckergewicht zu dem des Mehls und orientiert sich beim Abwiegen an der Summe. Dabei hat sie sich die zu Beginn des Interviews (s. Konzept *Wiegen*, S. 111) erarbeiteten Skalaschritte gemerkt und wendet sie jetzt korrekt an, indem sie die Angabe für 50g zwischen dem Vierziger- und dem Sechzigerstrich ansiedelt (Z. 319).

Wie Anja die Angaben des Rezepts befolgt, bestätigt, dass sie in der Lage ist, in Alltagssituationen Waagen einzusetzen. Dabei fällt ihr sehr souveräner und flexibler Umgang auf. So setzt sie sowohl die Tara-Funktion als auch die Möglichkeit der Addition (s.o.) ein.

### **Zusammenfassung**

Die aufgeführten Beispiele zum Umgang mit den verschiedenen Waagen zeigen, dass Anja aufgrund verschiedener Alltagserfahrungen in der Lage ist, mit den unterschiedlichsten Waagentypen umzugehen. So kennt sie Waageneinsätze zur Körpergewichtsbestimmung, in der Küche zum Backen und vom Markt. Dabei zeigt sich, dass sie die von ihr aufgebauten Konzepte im Bedarfsfall miteinander vernetzen kann. Beispielsweise lässt sie Wägeergebnisse desselben Gegenstandes nicht isoliert nebeneinander stehen, sondern bezieht sie aufeinander. Außerdem ist sie in der Lage, sich ihr nicht vertraute Skalen zu erarbeiten. Sie kennt die Tara-Funktion und kann sie adäquat einsetzen. Dabei weiß sie, welche Auswirkungen eine Nichtnutzung der Tara-Funktion auf das Wägeergebnis haben kann.

Auch der Umgang mit einer Tafelwaage, die den Kindern in der eigenen Praxis im Alltag in der Regel nicht mehr geläufig ist, fällt ihr nicht schwer. Hier zeigt sich, dass sie ein tiefes Verständnis vom Wägevorgang hat. Dies alles zeigt, dass ihr theoretisches Wissen über Zusammenhänge sowie ihre praktischen Erfahrungen innerhalb der von ihr entsprechend aktivierten Konzepte ineinandergreifen und dazu führen, dass sie problemlos in der Lage ist, selbständig Wägungen durchzuführen.

### **2.1.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“**

#### ***Konzept: Stützpunktwissen***

Im Laufe des Interviews zeigt sich, dass Anja sowohl für ein Kilogramm als auch für 500 Gramm Stützpunktwissen aufgebaut hat, also Gegenstände kennt, die dieses Gewicht haben:

**Aufgabe 2.1:** (...) Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt? (...)

(Int. 1.2, 02:11-02:18)

- 320 I: *Kennst du was, was ungefähr ein Kilogramm wiegt?*  
321 A: *Ja, wir haben Hanteln, die wiegen so viel.*  
322 I: *Die wiegen ein Kilogramm?*  
323 (A nickt.)

Das Interviewbeispiel aus Aufgabe 2.1 zeigt, dass sie einen Gegenstand benennen kann, von dem sie weiß, dass er ein Kilogramm wiegt.

In Aufgabe 2.3 zeigt sie, dass sie außerdem über ein Stützpunktwissen für 500 Gramm verfügt (Z. 330):

(Int 1.2, 14:40-15:47)

- 324 (A prüft das Gewicht der Nudelpackung mit den Händen.)  
(19 Sek)  
325 A: *150 Gramm.*  
326 I: *Weißt du noch, wie schwer der Apfel war?*  
327 A: *Der war 155.* (A nimmt den Apfel in die andere Hand und vergleicht die Nudelpackung und den Apfel miteinander.  
328 A: *Der [Apfel] ist auch ganz viel leichter (.) als die Nudeln.* (A prüft noch einmal das Gewicht der Nudelpackung mit den Händen.) (5 Sek) *Mm. (..) 500 Gramm.*  
[...] (A. bestimmt das Gewicht der Nudelpackung mit Hilfe der analogen Küchenwaage)  
329 I: *500g ist gut geschätzt.*  
330 A: *Weil die meisten haben 500g, solche Sachen.*

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, bei denen es das Gewicht schätzen soll: *Schätze, wie schwer ... ist!*

Hier ist sie aufgefordert, das Gewicht einer Nudelpackung zu schätzen, das sie zunächst auf 150 Gramm schätzt. Als sie daraufhin auf das ihr bereits bekannte Apfelgewicht von ebenfalls ungefähr 150 Gramm hingewiesen wird, vergleicht sie das Gewicht von Apfel und Nudelpackung manuell miteinander und verändert ihre Schätzung auf 500 Gramm (Z. 326ff.). Ob sie in diesem Moment schon auf ihr Stützpunktwissen (Z. 330) zurückgreift oder ob dies erst durch das Ergebnis der analogen Küchenwaage aktiviert wird, bleibt offen. In jedem Fall zeigt sich in ihrer Begründung „die meisten haben“ (Z. 330), dass sie über Stützpunktwissen verfügt.

### Zusammenfassung

Anja kann sowohl für ein Kilogramm als auch für 500g jeweils einen Gegenstand benennen (Hanteln bzw. Nudelpackung). Das im entsprechenden Konzept gespeicherte Stützpunktwissen wird von ihr jedoch nicht in passenden Situationen (Schätzen des Gewichts von Gegenständen) aktiviert, sondern ist noch als rein passives Wissen angelegt. Die Situation beim Schätzen des Gewichts einer Nudelpackung zeigt, dass es Anstöße von außen braucht, das Konzept mit diesem Wissen zu aktivieren, um es in einer adäquaten Situation anwenden zu können.

### Konzept: Schätzen

In Aufgabe 2.3 ist Anja aufgefordert, Schätzungen für das Gewicht verschiedener Gegenstände abzugeben. Die Bearbeitung der Aufgabe zeigt, dass ein Bestandteil des von ihr aktivierten Konzeptes ist, die Gegenstände dafür in die

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, deren Gewicht es sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: *Schätze, wie schwer ... ist!*

Hand zu nehmen. Die folgenden zwei Beispiele zeigen ihr Vorgehen bei den beiden ersten Gewichtsschätzungen:

- (Ausschnitt aus: Int. 1.2, 12:55-24:00)
- 331 **Apfel:** I: Was schätzt du, wie schwer ist dieser Apfel?  
 332 (I gibt Anja den Apfel in die Hand.) (7 Sek.)  
 333 A: 40 Gramm (.) näh (...) 400 Gramm (..) allerhöchstens.  
 334 **Tischtennis-Ball:** (A prüft das Gewicht des Tischtennisballs mit der Hand.) (...)  
 335 A: 50 Gramm. (.) zehn oder 50 Gramm. (.) Also nicht so viel.  
 336 I: Mhm.  
 337 A: (...) 20 Gramm allerhöchstens. Glaub ich irgendwie.  
 338 (A wiegt den Tischtennisball mit der digitalen Waage.)  
 339 A: Drei Gramm. (.) Sonst wär das ja voll schwer, den irgendwie hin und her zu kicken mit dem (.) Schläger

In beiden Fällen macht sie nicht nur eine Gewichtsangabe, sondern verbalisiert Zwischenergebnisse im Schätzprozess. Beim Apfel nennt sie zunächst 40 Gramm als geschätztes Gewicht. Nachdem sie es ausgesprochen hat, stockt sie, um ihre Angabe dann nach oben auf 400 Gramm zu korrigieren. Aber auch dann scheint sie noch unsicher zu sein und relativiert ihre Angabe mit „*allerhöchstens*“. Damit stellt sie klar, dass 400 Gramm eine obere Schranke darstellt, der Apfel also wahrscheinlich leichter ist (Z. 333).

Bei der Schätzung für das Gewicht des Tischtennisballs schwankt sie zwischen den Angaben 10 Gramm und 50 Gramm. Durch ihren Kommentar „*also nicht so viel*“ wird zum einen deutlich, dass sie den Tischtennisball für „leicht“ hält, zum anderen, dass sie allgemein Gewichte bis (mindestens) 50 Gramm als niedrig einstuft (Z. 335). Nach einigem Nachdenken schätzt sie 20 Gramm, die sie wie bei der Schätzung für das Apfelgewicht durch ein „*allerhöchstens*“ zu einer oberen Schranke relativiert (Z. 337).

Die zwei Beispiele zeigen Unsicherheiten beim Schätzen. So macht sie jeweils verschiedene, schwankende Angaben für das Gewicht. Die Pausen in den Ausschnitten zeigen, dass sie Zeit braucht, um eine Entscheidung zu treffen. Auffällig ist, dass sie in beiden Fällen versucht, eine oberere Schranke zu finden. Diese Kombination aus verschiedenen Gewichtsangaben und der oberen Schranke machen deutlich, dass ihr bewusst ist, dass es beim Schätzen nicht um eine exakte Angabe geht, sondern nur um eine ungefähre.

Nachdem sie die Gewichte von Apfel (155g) und Tischtennisball (3g) per Waage bestimmt hat, ist sie aufgefordert, das Gewicht einer Nudelpackung zu schätzen:

- (Ausschnitt aus: Int. 1.2, 12:55-24:00)
- 340 **Nudeln:** (A prüft das Gewicht der Nudelpackung mit den Händen.) (19 Sek)  
 341 A: 150 Gramm.  
 342 I: Weißt du noch, wie schwer der Apfel war?  
 343 A: Der war 155. (A nimmt den Apfel in die andere Hand und vergleicht die Nudelpackung und den Apfel miteinander).  
 344 A: Der [Apfel] ist auch ganz viel leichter (.) als die Nudeln. (A prüft noch einmal das Gewicht der Nudelpackung mit den Händen.) (5 Sek) Mm. (..) 500 Gramm.  
 345 I: Wiegen wir das mal mit dieser [analogen Küchen-] Waage, O.K.?  
 346 A: Mmh.  
 347 (A wiegt die Nudelpackung mit der analogen Küchenwaage aus.)  
 348 A: Ja, um die 500. (.) 510. (.) Wahrscheinlich ist zehn Gramm die Tüte.

349 I: 500g ist gut geschätzt.

350 A: Weil die meisten haben 500g, solche Sachen.

Weil Anjas erste Schätzung von 150g nahezu identisch ist mit dem vorher gemessenen Gewicht des Apfels (155g), bringt der Interviewer durch die Nachfrage nach dem Gewicht des Apfels (Z. 342) beide Gegenstände miteinander in Verbindung und fordert sie dadurch implizit zu einem direkten Vergleich von Apfel und Nudelpackung auf. Anja greift dies auf, indem sie nicht nur einen mentalen, sondern einen manuellen Vergleich der beiden Gegenstände durchführt. Dies führt dazu, dass sie die Gewichtsangabe für die Nudelpackung auf 500 Gramm korrigiert. Es wird deutlich, dass sie weiß, dass Nudelpackungen i.d.R. 500 Gramm wiegen (Z. 350). Ob sie sich in ihrer korrigierten Gewichtsangabe (Z. 344) schon auf das Stützpunktwissen stützt oder ob dieses erst durch das Ergebnis der analogen Küchenwaage (Z. 348) aktiviert wurde, bleibt offen. Offensichtlich ist dieses Stützpunktwissen jedoch noch nicht so etabliert, dass sie spontan bei Schätzungen darauf zurückgreifen kann. Hier lässt sich ein Subjektiver Erfahrungsbe- reich beschreiben, in dem sie das Wissen gespeichert hat, dass Nudelpackungen 500 Gramm wiegen. Die Aktivierung dieses Wissens ist also an eine Situation „Fakten- wissen abrufen“ gebunden und erfolgt nicht in jeder Situation.

Das folgende Beispiel zeigt ihr Vorgehen für die Schätzung des Gewichts einer Milch- packung:

(Ausschnitt aus: Int. 1.2, 12:55-24:00)

351 **Milch:** (A prüft das Gewicht der Milchpackung in der Hand, hebt den Apfel kurz hoch.)

352 A: 250. (hebt dann auch die Nudelpackung zum Vergleich hoch) (...) 250.

353 I: 250 Gramm? (A nickt.) Wie schwer war die Nudelpackung?

354 A: Die war 500 Gramm. 510 Gramm und die ist noch schwerer irgendwie als die.

355 I: Was ist schwerer?

356 A: Die Nudelpackung, glaub ich, 'n bisschen. (..)

357 I: Also du schätzt, wie schwer ist das [die Milchpackung]?

358 A: Mm. (..) Also die ist ja nur 'n bisschen leichter. Dann glaub ich auch irgendwie so etwas wie 500. (..) Weil die, weil das ja außen rum ja noch so viel ist (deutet auf die Verpackung).

359 (A wiegt die Milchpackung mit der digitalen Waage.)

360 A: Ein Kilogramm (..) ah 55. (..) Ganz schön schwer.

361 I (nimmt die Milchpackung in die Hand.): Das ist ein Kilogramm ungefähr.

362 A (nimmt die Milchpackung auch noch einmal in die Hand.): Hätte ich nicht gedacht.

363 I: Weißt du noch, wie schwer der Gewichtsstein da ist?

364 A: Ja, ein Kilogramm. Steht doch drauf.

365 I: Mhm. (..) Vergleich die mal miteinander.

366 (A nimmt den 1kg-Gewichtsstein in die andere Hand und vergleicht die Milchpackung und den Gewichtsstein miteinander.) (...)

367 A: Dann ist der hier viel schwerer.

Anja vergleicht die Milchpackung zunächst mit dem Apfel (155 Gramm) und gibt dar- aufhin ihre Schätzung von 250 Gramm ab. Diese Schätzung gleicht sie noch einmal ab, indem sie das Gewicht von Milch- und Nudelpackung miteinander vergleicht. Auch nach diesem Vergleich bleibt sie bei ihrer Schätzung, da ihrer Meinung nach die Nudel- packung schwerer ist als die Milchpackung (Z. 354). Dies überrascht, da davon auszu- gehen ist, dass der Gewichtsunterschied der beiden Gegenstände wahrnehmbar sein müsste (~500 Gramm vs. ~1000 Gramm). Aufgrund weiteren Nachhakens des Inter-

viewers korrigiert sie ihre Schätzangabe auf 500 Gramm (Z. 358). Wie in Kapitel A 3 erläutert, zeigt sich hier ein generelles Problem der „Handwaage“: es fällt zum Teil schwer, vom wahrgenommenen Druck (= Gewichtskraft pro Fläche) auf das Gewicht eines Gegenstandes zu abstrahieren.

Der Hinweis auf einen direkten paarweisen Gewichtsvergleich der vorliegenden Gegenstände bei der Nudelpackung führt dazu, dass sie im folgenden Interviewverlauf (wie z.B. auch bei der Milchpackung) immer wieder auch manuelle Vergleiche zweier Gegenstände durchführt und dadurch versucht, das Gewicht der einzelnen Gegenstände aufeinander zu beziehen. Ob dieses Vorgehen auch ohne den Hinweis des Interviewers als Handlungsmuster in dem von ihr aktivierten Konzept vorhanden war oder hier ein Lerneffekt sichtbar ist, bleibt offen. Jedenfalls ist es nach dem Interviewerhinweis aktiviert. Es ist möglich, dass durch den Hinweis eine Vernetzung des Konzepts Schätzens mit dem Konzept Gewichtsvergleich entstand. Offensichtlich ist jedoch, dass für Anja der einmalige Hinweis genügte, um auch im Folgenden den Gewichtsvergleich in den Schätzvorgang mit einzubeziehen. Für ihre Schätzungen bedeutet dies, dass sie über den Gewichtsvergleich der beiden Gegenstände entscheidet, ob der neu zu schätzende Gegenstand leichter oder schwerer als der bekannte ist, und entsprechend ihre Schätzangabe daran orientiert. Diese Vergleichsabschätzungen helfen Anja jedoch nicht immer dabei, eine Gewichtsangabe machen zu können, die näher am Echtgewicht liegen. Dies hängt damit zusammen, dass sie zum einen schon beim manuellen Gewichtsvergleich nicht immer die richtige Entscheidung trifft (s. Bsp. Milchpackung/ Nudeln) und zum anderen nicht in der Lage ist, den wahrgenommenen Unterschied verhältnismäßig einzuordnen. Bei dem Vergleich zwischen Milchpackung und 1-kg-Gewichtsstein empfindet sie den Gewichtsstein als schwerer (Z. 367). Dies lässt sich auf das unterschiedliche Druckgefühl der beiden Gegenstände zurückführen, was die Grenzen des Vergleichs mit der „Handwaage“ aufzeigt.

Während Anja bei Aufgabe 2.3 das Gewicht vorgegebener Gegenstände schätzen sollte, ist sie in Aufgabe 2.1 dazu aufgefordert, die notwendige Sandmenge für vorgegebene Zielgewichte abzufüllen. Dafür muss sie ebenfalls das jeweilige Gewicht abschätzen, dabei aber aktiv eine eventuell vorhandene Stützpunktvorstellung mit der entsprechenden Sandmenge abgleichen.

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Löffel: *Fülle in diese Tüte 1kg Sand, und in eine andere Tüte 1g Sand. (...)*

Während Anja beim Abfüllen der 1g-Sandmenge weder zwischendurch noch abschließend eine manuelle Gewichtskontrolle durchführt, kontrolliert sie das Gewicht der 1kg-Sandmenge während des Abfüllprozesses mehrmals durch leichtes Anheben der Tüte (Int. 1.2, 00:14-2:00. Für diesen Interviewabschnitt entfällt die Transkription, da fast nicht gesprochen wird. Aus diesem Grund erfolgt eine Schilderung der vorgenommenen Handlung.). Für die 1g-Menge füllt sie drei Löffel Sand in die Tüte, beendet den Abfüll-

vorgang mit einem kontrollierenden Blick und kommentiert „*Ja, ich glaub so ungefähr so.*“ Beim Abfüllen der 1-kg-Menge stellt sie weder einen (offensichtlichen) visuellen noch einen manuellen Bezug zur 1g-Menge her. Das mehrmalige manuelle Prüfen der 1kg-Menge legt nahe, dass sie sich beim Abfüllen an einer Vorstellung orientiert, wie sich ein Kilogramm „anfühlt“, wobei sie dies nicht verbalisiert. Ihre abschließende manuelle Prüfung kommentiert sie mit „*Ja, ich glaube, so könnte's sein.*“

Ihre 1-g-Sandmenge wiegt 104g, ihre 1-kg-Sandmenge 476g. Dies bestätigt, dass sie weiß, dass es sich bei einem Gramm um eine leichtere und damit auch geringere Sandmenge handelt als bei einem Kilogramm. Das Verhältnis 1:1000 ist ihr bekannt (vgl. Konzept *Wissen über Einheiten*, S.102), es gelingt ihr jedoch nicht, es umzusetzen: das Verhältnis von 1:1000 wird durch ihr Mengenverhältnis (ca. 1:5) nicht annähernd erreicht. Sie verfügt also über ein Konzept, in dem das Wissen über das Verhältnis von einem Gramm zu einem Kilogramm abrufbar gespeichert ist, kann dieses Wissen jedoch nicht umsetzen, da ihr die Vorstellung für das Verhältnis fehlt. Sie weiß, dass ein Gramm wenig und dass ein Kilogramm das Tausendfache davon ist. Das Wissen ist aber weder mit der Vorstellung verbunden, wie schwer sich ein Kilogramm anfühlt, noch mit der Vorstellung, wie viel mehr Sand im visuellen Vergleich das Verhältnis 1:1000 erfüllt. Dies führt dazu, dass die von ihr in diesem Zusammenhang abgefüllte Menge für ein Gramm ungefähr hundertmal so schwer ist wie eigentlich gefordert. Bei der 1kg-Menge sieht das Verhältnis etwas anders aus. Hier entspricht die von ihr abgefüllte Menge etwa einem halben Kilogramm.

### **Zusammenfassung**

Anjas Vorgehen zeigt, dass sie mit der Aufforderung, das Gewicht eines Gegenstandes zu schätzen, die manuelle Gewichtskontrolle verbindet. Ausgelöst durch einen Interviewerhinweis ergänzt sie diese manuelle Kontrolle im weiteren Verlauf durch paarweises Vergleichen verschiedener Gegenstände. Dabei ist sie bemüht, das Gewicht der Gegenstände in Beziehung zueinander zu setzen und ihre Schätzung daran zu orientieren. Problematisch ist hierbei, dass das Ergebnis ihres manuellen Gewichtsvergleichs nicht immer mit dem tatsächlichen Verhältnis übereinstimmt. So stuft sie aufgrund eines manuellen Vergleichs den eigentlich schwereren Gegenstand als leichter ein. Ihre anschließende Schätzangabe orientiert sie jedoch an dem Ergebnis des manuellen Gewichtsvergleichs, was dazu führt, dass ihre Schätzung entsprechend weiter vom tatsächlichen Gewicht entfernt ist, weil sie entsprechend eine niedrigere Schätzangabe für den vermeintlich leichteren Gegenstand macht.

Bei ihren Schätzangaben legt sie sich oft nicht auf eine konkrete Angabe fest, sondern versucht, einen Bereich abzugrenzen, in dem sie das Gewicht des Gegenstandes vermutet: In mehreren Fällen gibt sie eine Gewichtsspanne an, deren oberes Ende sie als obere Schranke betont. Dieses Vorgehen zeigt, dass sie das Gewicht des Gegenstandes in eine

Größenordnung einzuordnen versucht, was eine gute Herangehensweise an das Schätzen darstellt.

Das von ihr genannte Stützpunktwissen für ein Kilogramm (Hanteln), bezieht sie nicht – zumindest nicht offensichtlich – in ihre Schätzversuche mit ein. Da ihr Vorgehen jedoch nicht willkürlich wirkt, lässt sich sagen, dass sie über ein Konzept für das Schätzen verfügt, dass sich von reinem Raten unterscheidet.

Die Qualität der Schätzergebnisse lässt sich nur schwer beurteilen. Es gibt keine wissenschaftlichen Standards, die angelegt werden könnten, um isolierte Schätzungen zu bewerten (vgl. hierzu die Ausführungen zum Konzept Schätzen in Kap. B 2). Es bestünde zwar die Möglichkeit, Anjas Schätzungen in Relation zu den Schätzungen der anderen Kinder zu bewerten. Das erweist sich aber als schwierig, weil die wenigsten der Kinder eine konkrete einzelne Schätzangabe machten, sondern oftmals wie Anja mehrere, sehr differierende Angaben für ein und denselben Gegenstand. Dies macht deutlich, wie unsicher die Kinder zu diesem Zeitpunkt im Schätzprozess waren.

### **Konzept: Stützpunktvorstellungen**

Es ist nötig, über Stützpunktwissen und damit verbundenen Erfahrungen der Gewichtskraft Stützpunktvorstellungen aufgebaut zu haben, um Schätzungen machen zu können, die mit dem wahren Gewicht korrelieren. Anja verfügt jedoch über keine Stützpunktvorstellungen, auf die sie im Rahmen von Schätzungen zurückgreifen könnte. Wie sich bei der Analyse ihrer Konzepte *Stützpunktwissen* sowie *Schätzen* gezeigt hat, verfügt Anja zwar über einzelnes Stützpunktwissen. Hierbei handelt es sich jedoch offensichtlich um rein theoretisches Wissen, das noch nicht mit einer Vorstellung über das wahrnehmbare Gewicht verknüpft ist, so dass ihr ihr Wissen nicht hilft. Des Weiteren zeigen sich ihre fehlenden Stützpunktvorstellungen in den Situationen, in denen sie beim Schätzen zwar einen abschätzenden Vergleich mit einem weiteren Gegenstand durchführt, den dabei erkannten Gewichtsunterschied aber nicht einordnen kann.

## **2.2 Entwicklung der Konzepte**

Im Folgenden wird aufgeführt, welche Entwicklung in den beiden folgenden Interviews im Vergleich zum ersten Interview festzustellen ist. Das zweite Interview wurde unmittelbar nach der Unterrichtseinheit zur Größe Gewicht durchgeführt, das dritte Interview erfolgte nach weiteren vier Monaten. Bei der Auswertung wird den Fragen nachgegangen, inwiefern sich die Konzepte verändert und verfestigt haben und ob sich weitere Konzepte identifizieren lassen.

## 2.2.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“

### **Konzept: Gewichtsvergleich**

Im ersten Interview (S.93) ließen sich in Anjas Handlungen verschiedene Konzepte analysieren, die sie situationsabhängig für den Gewichtsvergleich aktivierte:

1. Sie führte einen **visuellen Vergleich** durch und reduzierte dadurch den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich
  - (a) bei Gegenständen, bei denen sie von gleicher Materialdichte ausging.
  - (b) bei verpackten Gegenständen, bei denen sie Dichteunterschiede ignorierte.
2. Sie führte einen **manuellen Vergleich** durch bei Gegenständen, bei denen sie von unterschiedlicher Materialdichte ausging und in denen sie aktiv werden musste (Abfüllen einer Vergleichsmenge).
3. Sie führte einen **mental**en Vergleich gespeicherter Vorstellungen durch in Situationen, in denen sie vorliegende Gegenstände vergleichen musste.

### **1(a) Visueller Vergleich: sie ging von gleicher Materialdichte aus**

Anja orientierte sich im ersten Interview bei der Aufgabe 1.4 am Volumen der Kugeln, da sie offensichtlich von der gleichen Dichte der Knetmasse ausging – sie aktivierte also ein Konzept, das aufgrund der Annahme der Dichtegleichheit den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich reduziert. Im **zweiten** Interview (Int. 2.1, 07:40-12:00)<sup>58</sup> formt

Aufgabe 1.4 im zweiten Interview: Vor dem Kind liegen eine Knetrolle sowie Knetmasse: *Forme eine Rolle, die genauso schwer ist wie diese Rolle.*

sie direkt eine größere Rolle analog zu der Situation im ersten Interview, in dem aufgrund der Knetmassenverteilung eine größere Kugel erforderlich war. Dies deutet darauf hin, dass sie sich gemerkt hat, dass die Knetmassen im ersten Interview unterschiedliche Dichten hatten. Dies führt jedoch nicht dazu, dass sie den Knetvorgang unter Zuhilfenahme eines manuellen Vergleichs durchführt, sondern sie überträgt ihr Wissen auf die aktuelle Interviewsituation, so dass sie die gleiche Problemlösung (gleiches Gewicht erfordert größere Rolle) anwendet. Das Dichteverhältnis der beiden Knetmassen war im zweiten Interview jedoch umgekehrt: diesmal hatte die Schülerknete die höhere Dichte. Dies führt dazu, dass ihr Vorgehen nicht erfolgreich ist: Als sie die beiden Rollen von sich aus manuell vergleicht, stellt sie fest, dass die von ihr geformte Rolle zu schwer ist. Sie verkleinert sie daraufhin zunächst sehr stark, führt viele manuelle Vergleiche durch und fügt letztlich wieder so viel Knete hinzu, dass ihre Rolle nur minimal kleiner ist als die Vergleichsrolle.

Dies deutet daraufhin, dass sie sich weiterhin durch die visuelle Wahrnehmung beeinflussen lässt. Aus der Tatsache, dass gleich große Gegenstände bei gleicher Dichte auch

---

<sup>58</sup> Es wird auf das wörtliche Zitat verzichtet, weil A. während des Vorgangs fast nichts sagt.



gleich schwer sind, folgert sie, dass die beiden Rollen bei gleicher Größe auch gleich schwer sind.

Dieses Konzept ist in dieser Situation derart verfestigt, dass während des Vergleichens die visuelle Wahrnehmung die taktile überlagert, so dass sie den manuell wahrnehmbaren Gewichtsunterschied ignoriert. Ein ähnliches Verhalten zum Gewichtsvergleich findet sich auch bei den Schätzaufgaben (vgl. Konzept *Schätzen*, S. 158ff.), so dass der Eindruck entsteht, dass ihr manuelle Vergleiche nicht weiterhelfen. Dies führt in der Knetaufgabe dazu, dass sie wieder auf die visuelle Wahrnehmung ausweicht. Eine mögliche Ursache ist, dass sie den Gewichtsunterschied trotz Anhebens und/ oder Handwaage nicht wahrnimmt. Wahrscheinlicher ist aber, dass dieses Ignorieren aus dem Konflikt resultiert, dass visuelle und gefühlte Wahrnehmung einander widersprechen. Weil Anja erlebt hat, dass der manuelle Vergleich täuschen kann und weil der visuelle Unterschied verlässlicher wahrnehmbar ist, entscheidet sie sich offenbar für letzteren.

Nachdem sie ihre Rolle mit Hilfe der digitalen Küchenwaage an das Gewicht der Vergleichsrolle angepasst hat, führt sie für den Größenunterschied zwei mögliche Begründungen an. Zum einen schlägt sie vor, dass die vorgegebene Rolle durch einen inneren Hohlraum leichter sein könnte als eine kompakte Knetrolle. Dadurch erhält die Rolle zwar ein größeres Volumen, dies lässt sich aber nicht auf mehr Masse<sup>59</sup> und damit mehr Gewicht zurückführen:

(Int. 2.1, 11:33-11:51)

- 368 I: *Hast du 'ne Erklärung dafür* (I. legt die beiden Rollen nebeneinander auf den Tisch), *warum deine Knetrolle kleiner ist als die andere Knetrolle?*  
 369 A: *Vielleicht weil da nur ehm diese außen das auß(.)das Äußere gemacht worden ist.*  
 370 I: *Du meinst, dass da innen drin*  
 371 A: *gar nichts ist.*

Zum anderen nennt sie den – aus dem ersten Interview bekannten – Dichteunterschied der Knetmassen:

(Int 2.1, 11:51-12:00)

- 372 A: *Oder das ist ein(.)einfach.einmal leichtere Knete.*  
 373 I: *Welches ist leichtere Knete?*  
 374 A: *Die hier* (A. deutet auf die Vergleichsrolle).

An diesem Punkt löst sie sich vom in ihrer ersten Erklärung dominierenden Konzept der Dichtegleichheit, da durch diese Begründung die Grundannahme des ersten Konzepts der Materialgleichheit verworfen wird.

Sie ist also in der Lage, den Größenunterschied der beiden Knetrollen zu begründen. In ihrem Vorgehen zeigt sich, dass sie zwischen Konzepten, die nebeneinander bestehen, wechseln kann. Zunächst aktiviert sie das Konzept, in dem sie im letzten Interview verankert hat, dass Knetmassen unterschiedliche Dichten haben können. In diesem Konzept ist sie jedoch noch nicht so flexibel, dass sie automatisch auf den notwendigen manuellen Gewichtsvergleich zurückgreift. Sie agiert entsprechend dem Handlungsmuster im ersten Interview; weil die Situation aber entgegengesetzt konzipiert ist, führt ihr Vorge-

<sup>59</sup> Die Masse der Luft im Hohlraum ist vernachlässigbar.

hen nicht zum gewünschten Erfolg. Deswegen nimmt sie während des Knet- und Vergleichsprozesses einen Konzeptwechsel vor und aktiviert das Konzept, in dem verankert ist, dass aus gleicher Materialdichte auch gleiches Volumen bei gleichem Gewicht folgt. Dieses Konzept bevorzugt sie in diesem Moment gegenüber der taktilen Wahrnehmung, was darauf zurückgeführt werden kann, dass sie die taktile Wahrnehmung nicht als uneingeschränkt zuverlässig erfahren hat. Als sie aufgrund der Wäageergebnisse realisiert, dass die beiden Rollen für die geforderte Gewichtsgleichheit die Eigenschaft „Volumengleichheit“ nicht erfüllen können, wechselt sie in ein drittes Konzept, in dem sie den Größenunterschied erklären kann: Sie führt als eine Möglichkeit des Größenunterschieds einen möglichen Hohlraum in der Vergleichsrolle an, der dazu führt, dass die Rolle zwar ein größeres Volumen erhält, dies aber nicht auf mehr Masse und damit mehr Gewicht zurückzuführen ist.

Weil aufgrund ihres Vorgehens vermutet werden kann, dass Anja sich offensichtlich an die Situation im ersten Interview erinnert hat, lässt sich keine Aussage darüber treffen, wie sie zum zweiten Interviewzeitpunkt in einer unbeeinflussten Testsituation reagiert hätte. Offensichtlich ist jedoch, dass die Notwendigkeit manueller Vergleiche *während* des Knetvorgangs auch im zweiten Interview von ihr nicht gesehen wird. Als sie durch den *anschließenden* manuellen Vergleich feststellt, dass die beiden Rollen nicht gleich schwer sind, beginnt sie zu korrigieren. Dabei zeigt sich, dass es ihr schwer fällt, Volumen und gefühltes Gewicht in der Wahrnehmung voneinander zu trennen, denn letztendlich knetet sie – trotz unterschiedlicher Materialdichte – eine so gut wie größenidentische Rolle.

Während es ihr im ersten Interview noch schwer fiel, das unterschiedliche Volumen trotz Gewichtsgleichheit erklären zu können, gelingt es ihr im zweiten Interview sogar, zwei verschiedene mögliche Begründungen für den Volumenunterschied anzuführen: unterschiedliche Knete sowie ein Hohlraum in der Vergleichsrolle. Ihre erste Erklärung lässt sich darauf zurückführen, dass die Interviewsituation im ersten Interview offensichtlich zu einem spontanen Konzeptaufbau geführt hat, in dem sie gespeichert hat, dass Knetmassen unterschiedliche Dichte haben können. Dass dieses Konzept existiert, zeigt ihre Begründung. Für die Bearbeitung der Aufgabensituation war die Konzeptaktivierung jedoch noch nicht flexibel genug. Daraus lässt sich schließen, dass sie zwar über dieses Konzept verfügt, es aber noch nicht adäquat einsetzen kann.

Wie Anja haben sich viele andere Kinder im zweiten Interview an die Situation aus dem ersten Interview mit den unterschiedlichen Knetearten erinnert und ihr Vorgehen im zweiten Interview sofort auf eine analoge Situation ausgerichtet. Dadurch war es nicht möglich, eine unbeeinflusste Veränderung ihres Verhaltens gegenüber dem ersten Interview zu untersuchen. Deshalb wurde im dritten Interview auf diese Aufgabe verzichtet und stattdessen eine Aufgabe mit offensichtlich unterschiedlichen Materialien gewählt (s. Aufg. 1.4b, Gewichtsvergleich von Gegenständen aus Materialien mit offensichtlich

unterschiedlicher Dichte, s.u.). Das ursprünglich gewählte Design ermöglichte es, den Konflikt „sieht gleich schwer aus, fühlt sich aber leichter an“ sicher zu produzieren und so die Kinder beim Umgang mit diesem Konflikt beobachten zu können. Andererseits entstand dadurch eine „künstliche“ Situation – im Alltag hat man in der Regel keine Situationen, in denen gleiche Gegenstände aufgrund unterschiedlicher Dichte unterschiedlich schwer sind –, die dazu führte, dass sie im Bewusstsein der Kinder exponiert wahrgenommen wurde. Die Besonderheit der Situation hat jedoch nicht dazu geführt, dass die Kinder den manuellen Vergleich häufiger einsetzten, sondern das Vorgehen aus dem ersten Interview wurde unreflektiert übernommen, was durch die entgegengesetzt konzipierte Situation nicht zum Erfolg führte.

### 1(b) Visueller Vergleich: sie ignoriert mögliche Dichteunterschiede

Im ersten Interview orientierte Anja sich beim Gewichtsvergleich von verpackten Gegenständen am Volumen der jeweiligen Verpackung und aktivierte ein Konzept, das den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich reduzierte.

Dieses Konzept dominiert im zweiten Interview weiterhin und findet sich auch im dritten noch, dort gibt es aber zunehmend Situationen, in denen ihr (offenbar) bewusst ist, dass die Aktivierung dieses Konzepts nicht immer zum Erfolg führt.

**Aufgabe 1.1a:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich große Gegenstände: Welche(s/r) Paket/ Dose/ Umzugskarton ist schwerer?

Im **zweiten** Interview erklärt sie in Aufgabe 1.1a, dass sie die größere Dose für die schwerere hält, da in diese Dose mehr Inhalt passt:

(Int. 2.1, 00:00-00:40)

375 I: Welche Dose ist schwerer?

376 A: (9 Sek.) Ich glaube die [größere], weil da eigentlich mehr reinpasst.

377 I: Mhm.

378 (5 Sek.)

379 I: Du guckst noch so'n bisschen kritisch.

380 A: Ja, weil da [zeigt auf die kleinere Dose] ja auch was schwereres drin sein könnte.

381 I: Mhm.

382 A: Aber ich glaube die (deutet auf die größere Dose). (5 Sek.) Weil da auch ja mehr von schweren Sachen reinpassen.

Der Interviewer bemerkt einen inneren Konflikt, auf den er sie anspricht (Z. 379). Daraufhin erklärt sie, dass sich in der kleineren Dose Gegenstände mit einer höheren Dichte befinden könnten als in der größeren Dose. Diesen Konflikt löst sie jedoch nicht dadurch, dass sie einen manuellen Vergleich der beiden Dosen durchführt, sondern sie folgert aus dem möglichen Dichteunterschied: Weil von dem Inhalt mit der höheren Dichte auch mehr in die größere Dose passt als in die kleinere, muss die größere Dose demnach die schwerere sein (Z. 382). Sie löst sich also kurz von der Annahme, dass sich in den Dosen Inhalte gleicher Dichte befinden. Aber sofort fällt sie wieder in diese Annahme zurück: dann würde von dem „schwereren“ Inhalt (höhere Dichte) auch entsprechend

mehr in die große Dose passen – sie geht also doch wieder von der gleichen Dichte bei der Doseninhalte aus.

Solche Überlegungen zur Verpackungsgröße finden sich auch in Aufgabe 1.1b:

(Int. 2.1, 00:58-02:36)

383 I: *Welches Geschenk ist am schwersten?*

384 (36 Sek.)

385 A: *Ich glaube das* (deutet auf das größte Geschenk).

386 I: *Warum glaubst du das?*

387 A: *Weil eh da ja, das ja auch größer ist und da passt dann ja mehr rein.*

388 I: *Mhm.*

389 A: *Und in das kleine, das ist ja kleiner und da passt am wenigsten rein*

390 I: *Mhm. Könnte das* (zeigt auf das kleinste Geschenk) *denn trotzdem auch am schwersten sein.*

391 A: *Ja, wenn da schw(.)mm. also wenn das schwerer ist, dann ist das eh dann ist da was schwereres drin und da* (zeigt auf das größte Geschenk) *sind ganz leichte Sachen drin.*

392 I: *Mhm. Wir wollen's jetzt aber genau wissen, welches das schwerste Geschenk ist.*

393 A: *Mhm* (nickt).

394 I: *Dann überleg dir mal, wie du das herausfinden kannst.*

395 A: *Mit der Hand <kann> man das herausfinden.*

396 I: *<Mhm.>*

397 I: *Mhm. O.K.*

398 (A nimmt nacheinander die Geschenke in die Hand und prüft das Gewicht, dabei prüft sie abschließend das Gewicht der beiden schwersten Geschenke ein zweites Mal.)

399 A: *Eigentlich, find ich, ist das ist am schwersten, also mit Hochheben.*

**Aufgabe 1.1b (nur 2. und 3. Interview):** Vor dem Kind liegen fünf verschiedene Geschenke, die in Größe und Gewicht variieren: *Welches Geschenk ist am schwersten?*

Auch hier entscheidet sie sich zunächst aufgrund des visuellen Größenvergleichs für das größte Geschenk (Z. 385). Erst nachdem der Interviewer sie zu einem manuellen Vergleich auffordert, hebt sie jedes Geschenk einzeln hoch und vergleicht dabei die gespeicherten Gewichte gedanklich (nicht paarweise manuell) miteinander, so dass sie anschließend das schwerste Geschenk richtig benennen kann.

Der folgende Interviewausschnitt zeigt Anjas Vorgehen in Aufgabe 1.1a im **dritten** Interview:

(Int 3.1, 00:00-01:16)

400 I: *Wir sind neulich umgezogen und wir haben noch gar nicht alle Umzugskartons ausgepackt. Ich habe dir mal zwei mitgebracht und würde gerne von dir wissen: Welcher Umzugskarton ist schwerer?*

401 A: *Boah. (..) Das ist schwer.*

402 I: *Wieso?*

403 A: *Weil eh da* (zeigt auf den größeren) *kann ja weniger drin sein als da* (zeigt auf den kleineren).

404 I: *Mhm.*

405 (..)

406 A: *Deswegen kann man das nicht unbedingt glauben, dass das immer der größere Karton ist.*

407 I: *Mhm.*

408 (9 Sek.)

409 A: *Eigentlich würd ich glauben, der* (zeigt auf den größeren), *weil der auch größer ist. Irgendwie.*

410 I: *Mhm.*

411 A: *Passt mehr rein.* (4 Sek.) *Ja, ich glaube der hier.*

412 I: *Was könnte dir denn helfen, das zu entscheiden?*

**Aufgabe 1.1a:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich große Gegenstände: *Welche(s/r) Paket/ Dose/ Umzugskarton ist schwerer?*

- 413 A: *Wenn ich die anfasse, mal hochhebe. (A hebt zuerst den größeren, dann den kleineren Karton hoch.) Boah, der kleine ist viel schwerer als der andere.*  
 414 I: *Mhm*  
 415 A (zeigt auf den größeren): *Da ist wahrscheinlich was leichteres drin.*  
 416 I: *Kann man es also über das Aussehen entscheiden?*  
 417 A: *Mm. Kann man nicht.*  
 418 I: *Und woran liegt das?*  
 419 A: *Dass man ja vielleicht was Leichteres einpacken kann. Oder was Schwereres.*

Anja tendiert dazu, sich für den größeren Karton zu entscheiden, äußert aber vor der Entscheidung bereits, dass man eigentlich keine abschließende Aussage aufgrund des Größenvergleichs treffen kann, da man nicht weiß, was sich in den Kartons befindet. Obwohl sie also thematisiert, dass man ohne Kenntnis des Inhalts keine Aussagen über das Gewicht der Kartons machen kann (Z. 403), entscheidet sie, den größeren Karton für den schwereren zu halten mit der Begründung, dass in diesen Karton mehr hineinpasst (Z. 411). Anja weiß demnach, dass der nicht sichtbare Inhalt über das Gewicht entscheidet, richtet ihr Handeln aber nicht danach. Ob dieses Wissen auf ihre Erfahrungen im ersten Interview, die unterrichtliche Behandlung oder grundsätzliche alltägliche Erfahrungen zurückzuführen ist, bleibt unbeantwortet.

Ihre Zurückhaltung, den manuellen Vergleich einzusetzen, kann darauf zurückgeführt werden, dass Anja zu Beginn des Interviews – trotz vorheriger Hinweise – noch zu gehemmt ist, die Gegenstände anzufassen, oder sie denkt, dass sie die Entscheidung ohne manuelle Kontrollen treffen soll. Der Entscheidungskonflikt ist jedoch offensichtlich nicht so stark, dass sie von sich aus die Initiative ergreift, eine manuelle Kontrolle vorzuschlagen. Auch diesmal muss der Interviewer sie dazu anleiten.

Bei der sich anschließenden Aufgabe 1.1b meint Anja, sie habe bereits beim Hinlegen der Geschenke „gehört“, welches das schwerste Geschenk ist (Z. 424):

- (Int. 3.1, 1:30-2:10)  
 420 I: *Welches Geschenk ist am schwersten?*  
 421 (15 Sek.)  
 422 A: *Ich glaub irgendwie das hier (deutet auf das zweitkleinste).*  
 423 I: *Mhm.*  
 424 A: *Weil das auch sich, als es runtergegangen ist, so 'n bisschen angehört hat, anders als die anderen.*  
 425 I: *Mhm.*  
 426 A (hebt das Geschenk an): *Gar nicht so schwer. (A. hebt die anderen Geschenke nacheinander hoch, als letztes das schwerste.) Das hier ist doch das schwerste.*

**Aufgabe 1.1b (nur 2. und 3. Interview):** Vor dem Kind liegen fünf verschiedene Geschenke, die in Größe und Gewicht variieren: *Welches Geschenk ist am schwersten?*

Diesmal hat sie den Größenvergleich ausgeblendet und überprüft ihre erste Entscheidung direkt selbständig durch manuelle Kontrollen. Dabei stellt sie fest, dass sie sich geirrt hat, und wählt schließlich das richtige Geschenk aus.

Die Tendenz, die Gewichtsentscheidung auf einen Größenvergleich reduzieren zu wollen, findet sich im **zweiten** Interview auch bei Aufgabe 1.6a. Da es sich im zweiten und dritten Interview jeweils um die gleichen Behältnisse handelt, sind diese auch gleich groß. Deshalb entfällt die Möglichkeit eines visuellen Volumenvergleichs.

(Int. 2.1, 13:29-14:03)

- 427 I: *Welche von den beiden Dosen ist schwerer?*  
428 A: () *Das kann man von außen nicht sehen*  
429 I: *Mhm.*  
430 A: *Weil die ja eigentlich beide gleich groß sind.*  
431 I: *Mhm.*  
432 (A vergleicht die beiden Dosen paarweise manuell miteinander.)  
433 A: (stellt eine Dose ab und tippt mit dem Finger drauf) *Ich glaub die hier ist schwerer, weil, ich hab das so gefühlt (demonstriert den manuellen Vergleich) und da glaub ich auch, das da etwas weniger drin ist als hier.*  
434 I: *Mhm.* (I stellt die leichtere Dose an den Rand und dafür ein weitere Dose neben die schwerere.) *Und welche ist von den beiden Dosen schwerer?*  
435 A: (vergleicht auch diese beiden Dosen paarweise manuell miteinander.) *Die hier* (hält die zuletzt dazu gekommene Dose höher.).

Im **zweiten** Interview verbalisiert Anja diese Tatsache zunächst (Z. 428) und führt dann selbständig einen paarweisen manuellen Vergleich durch.

(Int. 3.1, 09:15-09:27)

- 436 I: *Welche von den beiden Schachteln ist schwerer?*  
437 (A vergleicht die beiden Streichholzschachteln paarweise manuell miteinander.)  
438 A: *Die hier.*

Im **dritten** Interview erwähnt sie in der entsprechenden Aufgabe nicht einmal mehr, dass eine Entscheidung aufgrund eines Volumenvergleichs entfällt, sondern führt direkt einen paarweisen manuellen Vergleich durch. Dies deutet darauf hin, dass in diesem Moment das Konzept, eine Entscheidung über einen Volumenvergleich zu treffen, nicht mehr im Vordergrund steht, wenn die Gegenstände gleich groß sind, so dass die Volumengleichheit auch nicht mehr angeführt werden muss. Dies bestätigt sich in den verschiedenen genannten Ausschnitten aus dem dritten Interview.

## 2. Manueller Vergleich

In Situationen, in denen Anja dazu aufgefordert war, aktiv zu werden (Abfüllen einer Vergleichsmenge), führte sie (begleitend) einen manuellen Gewichtsvergleich. Auffällig ist, dass sie sich in den entsprechenden Situationen sowohl im zweiten als auch im dritten Interview trotz zweier Materialien mit offensichtlich verschiedener Dichte am Volumen orientiert, während sie im ersten Interview in diesem Fall auf den manuellen Vergleich zurückgegriffen hat.

In Aufgabe 2.5 ist ebenfalls ein Gewichtsvergleich von zwei Materialmengen mit unterschiedlicher Dichte gefor-

**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere, im ersten Interview auch unterschiedlich große, im zweiten und dritten Interview gleich große Gegenstände. Der Interviewer schiebt die zwei schwereren Gegenstände direkt vor das Kind: *Was ist schwerer?* Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält das Kind die Aufforderung, den leichteren Gegenstand mit dem dritten (noch leichteren) zu vergleichen: *Welcher ist von diesen beiden schwerer?* Abschließend stehen alle drei Gegenstände vor dem Kind: *Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht.*

1. Interview: Klebstoff-Flaschen
2. Interview: Filmdosen
3. Interview: Streichholzschachteln

**Aufgabe 2.5:** Vor dem Kind liegen Materialien mit offensichtlich unterschiedlicher Dichte. Das eine Material ist bereits in einer gewissen Menge abgefüllt, von dem anderen Material steht eine große Menge zur Verfügung. Das Kind ist aufgefordert, von dem zweiten Material so viel abzufüllen, dass die beiden Materialmengen gleich schwer sind.  
2. Interview: Zucker – Cornflakes/  
3. Interview: Reis – Nudeln

dert, wie die zwei folgenden Interviewausschnitte zeigen. Im Gegensatz zu den übrigen Aufgaben muss bei dieser Aufgabe jedoch die eine Menge erst aktiv abgefüllt werden.

(Int. 2.2, 33:33-54:44)

- 439 I: *Fülle bitte so viel Zucker in den Becher, dass die beiden Becher gleich schwer sind.*  
 440 (A. schüttet so viel Zucker in den leeren Becher, dass die beiden Becher gleich voll sind. Dann vergleicht sie die beiden Becher manuell miteinander und stellt dabei fest, dass sie zu viel Zucker abgefüllt hat. Sie schüttet von manuellen Zwischenkontrollen unterbrochen so lange Zucker wieder aus dem Becher heraus, bis sie die beiden Becher für gleich schwer hält.  
 441 A. *So, ungefähr so viel.*  
 442 I: *Wieso hattest du denn erst relativ viel reingeschüttet?*  
 443 A: *Weil ich erst gedacht hab, dass eh Zucker weniger wiegt als Cornflakes, aber hier (zeigt auf die Cornflakes im Becher) sind ja auch ganz viele Hohlräume, also wo gar nichts drin ist.*

Im ersten Interview hatte Anja diese Aufgabe mit Hilfe mehrerer manueller Gewichtsvergleiche durchgeführt und sich dabei erfolgreich am gefühlten Gewicht orientiert. Es ist auffällig, dass sie sich im **zweiten** Interview zunächst an der visuell wahrnehmbaren Füllhöhe des Bechers zu orientieren scheint und so viel Zucker in den leeren Becher füllt, dass die beiden Becher den gleichen Füllstand haben. Erst dann vergleicht sie die beiden Becher per Handwaage miteinander und stellt fest, dass der Zuckerbecher schwerer ist. Sie korrigiert die Zuckermenge so lange, bis ihr per manuellem Vergleich beide Becher gleich schwer erscheinen. Ihr Vorgehen begründet sie damit, dass sie für Zucker eine geringere Dichte („wiegt weniger“) annahm als für Cornflakes (Z. 443). Dabei ist interessant, dass sie daraus nicht geschlossen hat, dass sie deswegen eine größere Füllhöhe in dem Zuckerbecher benötigt, sondern sich zunächst für die gleiche Füllhöhe entschieden hat. In ihrer Begründung wird nicht deutlich, ob sie ihre Dichtevorstellung durch den manuellen Vergleich überarbeitet hat oder ob sie für die geringere Füllhöhe ausschließlich die Hohlräume zwischen den Cornflakes verantwortlich macht.

(Int. 3.2, 21:30-22:39)

- 444 I: *Fülle bitte in die leere Tüte so viel Reis, dass die beiden Tüten gleich schwer sind.*  
 445 (A löffelt den Reis in die Tüte, zwischendurch vergleicht sie die beiden Tüten paarweise manuell miteinander.  
 446 A: *Ich glaube die Tüte ist so schwer wie die Nudeltüte ungefähr.*  
 447 Erst während sie dies sagt, führt sie noch einmal einen paarweisen Vergleich durch. Die beiden Tüten sind ungefähr gleich voll gefüllt, trotzdem findet sie, dass sie sich gleich schwer anfühlen.

Im **dritten** Interview führt sie während des Abfüllprozesses zwar manuelle Vergleiche durch, füllt in die Reistüte jedoch trotzdem so viel Reis, dass diese Tüte abschließend fast doppelt so schwer wie die Nudeltüte ist. Da die beiden Tüten volumenmäßig nahezu gleich voll sind (Z. 447), ist es wahrscheinlich, dass die taktile Wahrnehmung durch den visuell wahrnehmbaren Volumenvergleich überlagert wurde: der Gewichtsunterschied von 376g (Reis) zu 192g (Nudeln) wäre manuell wahrnehmbar gewesen.

Anja fällt es bei diesen Aufgaben schwer, unterschiedliche Materialien im Hinblick auf ihr Gewicht miteinander zu vergleichen. Das ist im **dritten** Interview bei der abgeänderten Knetaufgabe 1.4b, bei der die Kinder diesmal als Vergleichskugel keine Knetkugel, sondern eine Plastikkugel

**Aufgabe 1.4b:** Vor dem Kind liegen eine Plastikkugel sowie Knetmasse: *Forme eine Kugel, die genauso schwer ist wie diese Kugel.*

vorliegen hatten, also eine Kugel aus offensichtlich anderem Material als Knete, anders, wie der folgende Ausschnitt belegt:

(Int. 3.1, 05:43-07:02)

- 448 I: *Hier sind Knete und eine Plastikkugel. Ich möchte, dass du mir aus der Knete eine Kugel*  
*knetest, die genauso schwer ist wie diese Kugel [Plastikkugel] hier.*  
 449 (A hebt die Plastikkugel hoch und fängt dann zu kneten an. Zwischendurch vergleicht sie das  
 Gewicht von Plastikkugel und Knetkugel miteinander und fügt entsprechend Knete hinzu oder  
 nimmt welche weg, bis sie findet, dass die beiden Kugeln gleich schwer sind.)  
 450 A: *Ich glaube so eine große.*  
 451 I: *Mhm. Wie erklärst du dir denn, dass die Knetkugel kleiner ist als die Plastikkugel.*  
 452 A: *Weil Plastik viel leichter ist als Knete, weil Knete, weil Plastik ja ist meistens nur außen*  
*Plastik und innen gar nichts und bei Knete ist ja außen und innen was.*

Anja kontrolliert, bevor sie mit dem Kneten anfängt, bereits das Gewicht der Plastikkugel und führt auch während des Knetprozesses manuelle Gewichtsvergleiche der beiden Kugeln durch. Dabei geht sie sehr genau vor, so dass abschließend noch eine Gewichts-differenz von gemessenen zwei Gramm (Plastikkugel 12g/ Knetkugel 10g) besteht. In diesem Fall hat sie sich nicht durch die unterschiedlichen Kugelgrößen während des Knetprozesses beeinflussen lassen. Dies mag damit zusammenhängen, dass sie wusste, dass es sich um Materialien mit unterschiedlichen Dichten handelte: Sie geht davon aus, dass Plastik eine geringere Dichte hat („weniger wiegt“) als Knete. Diese Tatsache wird dadurch verstärkt, dass sie aufgrund ihrer Erfahrungen davon ausgeht, dass die Plastik-kugel innen hohl ist (Z. 452), während dies für die von ihr geformte Knetkugel nicht zu-trifft. Diese Kombination führt dazu, dass es ihr gelingt, beim Gewichtsvergleich die vi-suell wahrnehmbare Eigenschaft „Kugelgröße“ von den gefühlten Gewichten zu tren-nen, so dass sie eine fast gleich schwere Kugel knetet. Dies ist insofern erstaunlich, als ihr der manuelle Vergleich ansonsten kaum geholfen hat.

### 3. Vergleich gespeicherter Vorstellungen

In Situationen, in denen sie aufgefordert war, das Gewicht vorliegender Gegenstände zu vergleichen, griff sie im ersten Interview auf gespeicherte Vor-stellungen zurück und führte einen manuellen Ver-gleich nur als Bestätigung durch. Dieses Vorgehen bestätigt sich im zweiten und dritten Interview wie-der.<sup>60</sup>

**Aufgabe 1.2:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Ge-genstände, der Gewichtsunter-schied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehm-bar: *Was ist schwerer?* - 2. Inter-view: Servietten – Pralinenpa-ckung; 3. Interview: Servietten – Slim-Case

(Int 2.1, 03:27-03:58)

- 453 Auf dem Tisch liegen eine Packung Ser-vietten sowie eine Pralinenpackung.  
 454 I: *Was ist denn davon schwerer?*  
 455 (7 Sekunden)  
 456 A: *Da glaub ich das (zeigt auf die Prali-nenpackung), weil Servietten ja eigent-*

(Int. 3.1 02:36-03:14)

- 461 I: *Was ist denn hiervon schwerer?*  
 462 (8 Sek.)  
 463 A: *Ich glaube irgendwie die CD.*  
 464 I: *Warum glaubst du die CD?*  
 465 A: *Weil ehm Servietten eigentlich sehr leicht sind. Und CDs nicht so leicht.*

<sup>60</sup> Teilweise erfolgt die Präsentation analoger Interviewausschnitte aus dem zweiten und dritten Interview nebeneinander, um einen vergleichenden Einblick zu ermöglichen. Längere Transkripte werden jedoch untereinander und nicht nebeneinander aufgeführt.



- |     |  |     |   |
|-----|--|-----|---|
|     | <i>lich ganz leicht sind.</i>  |     |   |
| 457 | I: <i>Mhm.</i>   | 466 | I: <i>Mhm.</i>  |
| 458 | A: <i>Und Pralinen, also Schokolade nicht so.</i>  | 467 | (6 Sek.)  |
| 459 | I: <i>Mhm. (5 Sekunden) Kannst du das auch irgendwie kontrollieren?</i>  | 468 | A: <i>Ja, ich glaub die CD (kippt CD und Servietten jeweils mit einer Hand leicht an) Ja, ist die auch. (..) 'N bisschen.</i> |
| 460 | A: <i>Mit den Händen. (Sie führt einen manuellen Vergleich durch und legt die Serviettenpackung wieder auf den Tisch.) Ja, das ist schwerer. (Dabei hält sie die Pralinenpackung in der Hand.)</i> | 469 | I: <i>Mhm.</i>  |
|     |  | 470 | A: <i>vergleicht CD und Servietten mit der Handwaage.</i>   |
|     |  | 471 | I: <i>Wenn du die hochhebst, fühlt sich die CD schwerer an?</i>   |
|     |  | 472 | A: <i>Ja.</i>   |

In der Aufgabe 1.2 im **zweiten** Interview ist Anja dazu aufgefordert, das Gewicht einer Packung Servietten mit dem Gewicht einer Pralinenpackung zu vergleichen.

Nach kurzer Überlegung entscheidet sie, dass die Serviettenpackung leichter ist, und begründet dies damit, dass Servietten im Gegensatz zu Schokolade „*ganz leicht*“ seien (Z. 456). Sie führt abschließend noch einen manuellen Vergleich durch (zu dem sie durch den Interviewer gelenkt wurde), von dem sie sich in ihrer Entscheidung bestätigt fühlt.

Das gleiche Vorgehen findet sich bei der analogen Aufgabe im **dritten** Interview, in der sie das Gewicht einer Serviettenpackung mit dem Gewicht einer dünnen CD-Hülle (sog. Slim-Case) mit innenliegender CD vergleichen soll. Auch hier begründet sie ihre Entscheidung damit, dass Servietten „*leicht*“ sind, ohne die Gegenstände in die Hand zu nehmen (Z. 465).

Offen bleibt in diesem Zusammenhang, was genau sie mit der Kategorisierung meint, Servietten seien „(ganz) leicht“. Entweder versteht sie hierunter, dass die Packung mit den Servietten leichter ist als das jeweils vorliegende Vergleichsobjekt. Oder sie will ausdrücken, dass ihrer Erfahrung nach Servietten – weil aus dünnem Papier – sehr leicht sind. Alternativ ist denkbar, dass sie mit ihrer Wortwahl auszudrücken versucht, dass Servietten im Verhältnis zu vielen anderen Gegenständen eine geringe Dichte haben. Die letzte Interpretation entspricht einer analogen Erklärung, die sie in Aufgabe 1.3 nennt. Hier spricht sie davon, dass Stahl „*schwerer*“ ist als Pappe (vgl. Z. 479, S. 134).

In beiden Situationen aktiviert Anja ein Konzept, in dem sie Gewichtsvorstellungen für die beiden Gegenstände gespeichert hat, die sie dann gedanklich einander gegenüber stellt. Ein manueller Vergleich erscheint für sie nicht zwingend notwendig. Dies kann damit zusammenhängen, dass sie sich jeweils sicher ist, welcher der beiden Gegenstände der schwerere ist, oder aber damit, dass der manuelle Vergleich innerhalb dieser Konzepte oder dieses Konzeptbereichs noch nicht etabliert ist, also als Möglichkeit gar nicht verfügbar erscheint.

Auch die folgenden Interviewausschnitte bestätigen, dass Anja, wenn sie das vorliegende Material kennt, den Gewichtsvergleich auf der kognitiven Ebene vollzieht:

- (Int 2.1, 04:50-05:24)
- 473 Auf dem Tisch liegen 5 Papp-Platten sowie eine Stahlplatte.  
 474 I: *Welche von diesen Papp-Platten ist genauso schwer wie diese Stahlplatte?*  
 475 (21 Sekunden)  
 476 A: *Ich glaube die (sie zeigt auf die zweitgrößte Papp-Platte.), weil die so doppelt so groß ist. Und ich glaube, dass die Stahlplatte doppelt so schwer ist, wie die anderen Sachen. Also wie die Pappe.*
- (Int 2.1, 06:19-06:27)
- 477 I: *Und die (zeigt auf die gleich große Papp-Platte) kann's aber nicht sein?*  
 479 A: *Nee (schüttelt mit dem Kopf). Weil die ja eh eigentlich genauso groß ist und Stahl ist schwerer als Pappe.*

**Aufgabe 1.3** (nur 2. und 3. Interview): Vor dem Kind liegen 5 (3. Interview: 6) unterschiedlich große Papp-Platten sowie eine Stahl- (3. Interview: Moosgummi-)Platte: *Welche Papp-Platte ist genauso schwer wie diese Stahlplatte/ Moosgummiplatte?*

Bei Aufgabe 1.3 im **zweiten** Interview lässt Anja sich bei ihrer Entscheidung nicht davon beeinflussen, dass es eine Papp-Platte gibt, die genauso groß ist wie die Stahlplatte, sondern entscheidet sich für eine größere Papp-Platte. Ihre Entscheidung trifft sie auch hier auf rein gedanklicher Grundlage der Dichteunterschiede der beiden Materialien und nicht durch handelnde manuelle Vergleichskontrollen (Z. 476). Einen manuellen Vergleich führt sie erst nach Interviewer-Initiative durch. Bei dem Vergleich hat sie zunächst den Eindruck, dass die gewählte Papp-Platte leichter ist als die Stahlplatte, weswegen sie einen Vergleich mit der größten Papp-Platte anschließt. Sie bleibt dann jedoch bei ihrer zuerst getroffenen (richtigen) Wahl.

Anja konnte also aus ihrem Wissen über die unterschiedliche Dichte von Stahl und Pappe den folgerichtigen Schluss ziehen, dass eine gewichtsidentische Papp-Platte größer sein muss als die vorliegende Stahlplatte. Dieses Wissen bestätigt sich, als der Interviewer sie auffordert zu begründen, warum die zur Stahlplatte gleich große Papp-Platte nicht in Betracht kommt. Dies begründet sie damit, dass es sich bei Stahl um das „*schwerere*“ Material handelt (Z. 479), womit sie offensichtlich meint: Stahl hat eine höhere Dichte als Pappe.

Im **dritten** Interview wurde die Stahl- durch eine Moosgummiplatte ersetzt:

- (Int. 3.1, 03:32-05:16)
- 480 I: *Welche von diesen Papp-Platten ist genauso schwer wie die Moosgummi-Platte?*  
 481 (A. hebt die Moosgummiplatte hoch.)  
 482 (12 Sek.)  
 483 A: *Ich glaube, die große (zeigt auf die größte Papp-Platte), weil Moosgummi auch sehr leicht ist.*  
 484 I: *Mhm. (...) Ist Moosgummi leichter als Pappe?*  
 485 A: *Ja, glaub ich wohl.*  
 486 I: *Mhm.*  
 487 (A vergleicht die beiden Platten per Handwaage.)  
 488 I: *Und dann muss die Papp-Platte größer sein?*  
 489 A: *Nicht unbedingt. (...) Die [Papp-Platte] ist auch viel schwerer, die ist auch viel schwerer als die andere.*  
 490 I: *Mhm.*  
 491 (A legt die größte Papp-Platte wieder auf den Tisch und wendet sich der nächstkleineren – genauso groß wie die Moosgummi-Platte – Papp-Platte zu.)

- 492 A: *Vielleicht die gleich große* (vergleicht die beiden Platten mit Handwaage und legt beide Platten auf den Tisch). *Mmh.*  
 493 I: *Was ist mit der gleich großen?*  
 494 A: *Die ist auch schwerer.*  
 495 I: *Mhm.*  
 496 (5 Sek.)  
 497 (A wählt die drittkleinste Papp-Platte für einen paarweisen Vergleich.)  
 498 A: *Die hier passt gut da drauf, also auf das Gewicht. (..) Ja, die passt gut.*  
 499 I: *Mhm. (4 Sek.) Kannst du dir das erklären?*  
 500 A: *Ja, weil Moosgummi auch viel leichter ist als Pappe, weil Pappe eigentlich auch etwas schwerer ist. Und dann müsste es ja eigentlich 'ne kleinere Pappe sein.*  
 501 I: *Mhm. Am Anfang hattest du ja auch gesagt, Moosgummi ist leichter und hast dann auf diese [größte] Platte getippt.*  
 502 A: *Ja, ehm eigentlich müsste das Moosgummi dann schwerer sein, wenn das [die Papp-Platte] größer ist.*

Im Gegensatz zum zweiten Interview, in dem Anja weder die Stahl- noch eine der Papp-Platten spontan in die Hand nahm, überprüft sie im **dritten** Interview das Gewicht der Moosgummiplatte auf eigene Initiative manuell (Z. 481). Die Papp-Platten nimmt sie jedoch nicht in die Hand, sie führt also keinen direkten Vergleich durch. Dies deutet darauf hin, dass ihr Moosgummi im Gegensatz zu Stahl als Material nicht (so) vertraut ist. Durch das manuelle Auswiegen baut sie ein Konzept über die Dichte von Moosgummi auf. Dieses Konzept nutzt sie, um – wieder auf gedanklicher, nicht handelnder Grundlage – zu schlussfolgern, welche der Papp-Platten gewichtsidentisch ist. Sie entscheidet sich ohne einen manuellen Vergleich für die größte Papp-Platte, die größer ist als die Moosgummiplatte, „weil Moosgummi auch sehr leicht ist“ (Z. 483). Ihre Begründung steht offensichtlich im Widerspruch zu ihrer Entscheidung: Wenn Moosgummi eine *geringere* Dichte hat als Pappe, muss die gleich schwere Papp-Platte *kleiner* sein (diesen Fehlschluss korrigiert sie zum Schluss, s.u.). Als sie die gewählte Papp-Platte anschließend ohne Aufforderung manuell mit der Moosgummiplatte vergleicht, stellt sie fest, dass die Papp-Platte schwerer ist. Dies verunsichert sie so, dass sie in Betracht zieht, dass u.U. die größenidentische Papp-Platte auch gewichtsidentisch ist. Beim manuellen Vergleich stellt sie jedoch fest, dass auch diese Papp-Platte schwerer ist, weshalb sie im Anschluss eine kleinere Papp-Platte zum Vergleich heranzieht, die sie dann auch für passend befindet. Den Größenunterschied der beiden gleich schweren Platten kann sie über den Dichteunterschied erklären (Z. 500). Als der Interviewer sie noch einmal auf ihre zunächst getroffene Schlussfolgerung anspricht, bei der sie aus der Feststellung, dass Moosgummi „*leichter*“ ist, geschlossen hat, dass die Papp-Platte größer sein muss, erklärt sie sofort, dass diese Folgerung nicht stimmte, da im Fall, dass die größere Papp-Platte gewichtsidentisch gewesen wäre, es sich beim Moosgummi um das „*schwerere*“ Material handeln müsste (Z. 502).

Die Aufgaben zu den Plattenvergleichen zeigen, dass Anja weiß, dass verschiedene Materialien unterschiedliche Dichten besitzen und dass dies dazu führt, dass Gegenstände aus Materialien mit verschiedener Dichte bei gleichem Gewicht nicht die gleiche Größe haben können. Während sie im zweiten Interview dieses Wissen aus Kenntnis der Mate-

rialien sofort anwenden kann, zieht sie im dritten Interview aufgrund der Tatsache, dass ihr Moosgummi offensichtlich nicht so vertraut ist, zunächst einen Fehlschluss, den sie jedoch korrigiert und dies folgerichtig begründet.

Anja führt bei den gerade vorgestellten Aufgaben nicht ohne Fremdmotivation einen manuellen Vergleich als spontane Problemlösung durch. Anders bei Aufgabe 1.6b: hier soll sie eine Schere, einen Löffel sowie eine CD nach dem Gewicht sortieren. Sie fragt direkt nach, ob sie dies ohne oder mit Einsatz der Handwaage entscheiden soll. Dies kann entwe-

**Aufgabe 1.6b** (nur 2. und 3. Interview): Vor dem Kind liegen eine CD-Hülle, eine Schere und ein Esslöffel: *Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht!*

der darauf zurückgeführt werden, dass sie durch die vorangegangenen Aufgaben im Interview mittlerweile dafür sensibilisiert, dass ein manueller Vergleich den Gewichtsvergleich erleichtert, oder dass sie für die vorliegenden Gegenstände keine Stützpunktvorstellungen hat, die ihr helfen, einen gedanklichen Vergleich durchzuführen. So vergleicht sie die drei Gegenstände manuell miteinander, um eine Gewichtsreihung vornehmen zu können.

### **Zusammenfassung: Gewichtsvergleich**

Anja verfügte im ersten Interview über drei verschiedene Konzepte (visueller Vergleich, manueller Vergleich, Vergleich gespeicherter Vorstellungen), die sie auch im zweiten und dritten Interview für Gewichtsvergleiche situationsabhängig aktiviert. Auffällig ist, dass der manuelle Vergleich im zweiten und dritten Interview stärker als im ersten Interview durch einen parallelen visuellen Vergleich beeinflusst wird.

Es bestätigt sich, dass sie über ein Konzept für Dichte verfügt, das ihre Entscheidungsprozesse beeinflusst. Sie spricht in diesem Zusammenhang davon, dass das eine Material „schwerer“ oder „leichter“ sei als ein anderes. Aus diesem Bewusstsein gelingt es ihr unterschiedlich gut, richtige Schlussfolgerungen zum Gewichtsvergleich zu ziehen. Sie weiß, dass es sich bei Stahl im Vergleich zu Pappe um das Material mit der höheren Dichte handelt und kann daraus folgerichtig schlussfolgern, dass eine gewichtsidentische Papp-Platte größer sein muss als die Stahlplatte. Bei der entsprechenden Aufgabe mit Moosgummi, bei der ihr das Material offensichtlich nicht (genügend) vertraut ist wie das Material Stahl, zieht sie den umgekehrten (folglich falschen) Schluss: Aus der Erkenntnis, dass Moosgummi das Material mit der geringeren Dichte im Vergleich zu Pappe ist, folgert sie, dass die Papp-Platte demnach größer sein müsse. (Diesen Fehlschluss widerruft sie später.)

Während sie im ersten Interview bei der Annahme von unterschiedlicher Dichte erfolgreich manuelle Gewichtsvergleiche einsetzt, findet sich dies so in den Folgeinterviews nicht wieder: hier kombiniert sie den manuellen Vergleich mit einem (nicht unbedingt geäußerten) Volumenvergleich, wobei die visuelle Wahrnehmung die taktile überlagert; manuelle Vergleiche helfen ihr oft nicht weiter.

Bei Gewichtsvergleichen von Materialien mit unterschiedlicher Dichte, bei denen die Vergleichsmenge oder der Vergleichsgegenstand aktiv von ihr hergestellt werden muss (Knetrolle, Zucker- bzw. Reismenge u.ä.), dominiert meist der Mengen- bzw. Größenvergleich gegenüber dem manuellen Gewichtsvergleich (Ausnahme Aufg. 1.4b, drittes Interview), so dass abschließend meist Volumengleichheit besteht statt Gewichtsgleichheit. In diesen Fällen steht offensichtlich das Konzept sehr stark im Vordergrund, das Gewichtsgleichheit auf Volumengleichheit reduziert, weil (bewusst oder unbewusst) die unterschiedliche Dichte ignoriert wird.

Bei verpackten Gegenständen nimmt bei ihr zwar über die drei Interviewzeitpunkte das Bewusstsein zu, dass das Volumen der Verpackung kein hinreichendes Kriterium darstellt, um eine Aussage über das Gewicht zu treffen. Sie ist jedoch auch zum Zeitpunkt des letzten Interviews noch nicht an dem Punkt angelangt, bei verpackten Gegenständen *automatisch* das Konzept zu aktivieren, das den manuellen Vergleich beinhaltet, sondern aktiviert das Konzept, bei dem sie die Größe der Verpackung weiterhin als ausschlaggebendes Merkmal wahrnimmt. Sie verbalisiert aber zunehmend die Problematik, dass das Verpackungsvolumen keinen Hinweis auf die Dichte des Inhalts gibt.

### **Konzept: Invarianz**

Anja hatte bereits zum Zeitpunkt des ersten Interviews ein Invarianzkonzept (S. 100). Dies bestätigt sich in den weiteren Interviews, wie folgende Ausschnitte zeigen:

- (Int. 2.1, 12:00-13:15)
- 503 (I zerteilt die von Anja geknetete Rolle.)  
 504 I: *Das alles zusammen* (zeigt auf die Knetekrümel) *oder das* (zeigt auf die Rolle). *Was ist schwerer?*  
 505 (5 Sek.)  
 506 A: *Das ist gleich schwer, glaube ich.*  
 507 I: *Warum glaubst du das?*  
 508 A: *Weil ja vorher, als es zusammen war, auch gleich schwer war.*  
 509 I: *Mhm.* (I verknetet die Knetekrümel zu einer Kugel.) *Dann kneten wir das zusammen und machen daraus eine Kugel.* (I legt die Kugel neben die Vergleichsrolle.) *Was ist dann schwerer?*  
 510 A: *Das ist auch, glaub ich, wieder gleich schwer, weil ja keins von dem Gewicht weggenommen wurde.*

**Aufgabe 1.5:** Vor dem Kind liegen die beiden gleich schweren Kugeln (Rollen) aus der vorangegangenen Aufgabe (1.4). Der Interviewer verformt vor den Augen des Kindes die „Kinderkugel“ zu einer flachen Platte (bzw. die „Kinderrolle“ zu einer Kugel): *Was ist schwerer: die Kugel bzw. Rolle oder die Platte bzw. Kugel?* Anschließend wird die vorab entstandene flache Platte (bzw. Kugel) durch den Interviewer in kleine Einzelteile zerlegt: *Was ist schwerer?*

- (Int. 3.1, 07:54-09:02)
- 511 I (zerteilt die Schülerkugel): *Deine Kugel mach ich jetzt mal kaputt und mach da ganz viele Einzelteile draus.* (24 Sek.) *Diese Einzelteile alle zusammen und die eine Kugel. Was ist schwerer?*  
 512 A: *Die sind wieder beide gleich schwer.*  
 513 I: *Mhm.*  
 514 A: *Ehm, die sind schon viel mehr, aber die sind das gleiche Gewicht wieder.*  
 515 I: *Mhm.*  
 516 A: *Wie die ganze Kugel.*  
 517 I: *O.K.* (verknetet die Einzelteile zu einer großen Platte) *Jetzt knete ich die mal alle zusammen.* (..) *Woher weißt du denn, dass die das gleiche Gewicht haben?*

- 518 A: *Weil da nichts weggenommen wurde.*  
519 I: *Mhm.*  
520 A: *Die wurden nur auseinandergeteilt.*  
521 I: *Eine ganz flache Platte. (4 Sek.) Was ist denn hiervon schwerer? Die Kugel oder diese Platte?*  
522 I: *Ist auch wieder gleich schwer, weil ja auch wieder nichts weggenommen wurde. Es wurde nur platt gedrückt.*

Wie im ersten Interview begründet Anja die Gewichtsinvarianz auch in den beiden Folgeinterviews mit Hilfe der Mengengleichheit: Weil beide Objekte vor dem Zerteilen bzw. Verformen gleich schwer waren und keine weitere Knete hinzugefügt wurde, hat sich auch nichts am Gewicht verändert (Identität). Dabei zeigt sich, dass sie die Identität sicher erkennt, da sie die Gewichtserhaltung hierüber zuverlässig begründet (Z. 508, 510, 518, 522). In Zeile 514 ist ein Erkennen der Kompensation erkennbar, auch wenn sie es nicht explizit formuliert.

### Zusammenfassung

Schon im ersten Interview zeigte sie ein sicheres Invarianzverständnis. Ihr Verhalten im zweiten und dritten Interview bestätigt, dass das Invarianzverständnis sicher in ihrem Gewichtskonzept verankert ist. Wie im ersten Interview finden sich auch in den Folgeinterviews PIAGETS Konservierungskategorien Identität und Kompensation.

### Konzept: Transitivität

Anja hat im ersten Interview gezeigt, dass sie über ein Konzept verfügt, das die Transitivitätsregel beinhaltet, sie kann die Regel sowohl anwenden als auch erklären (S. 101). Im **zweiten** Interview bestätigt sich dies, wie der folgende Ausschnitt aus Aufgabe 1.6a belegt:

- (Int. 2.1, 13:29-14:55)  
523 (A vergleicht die beiden Dosenpaare jeweils paarweise manuell miteinander und sortiert sie dann anschließend in der richtigen Reihenfolge nach dem Gewicht, indem sie dem Interviewer angibt, in welcher Reihenfolge er die Dosen aufstellen soll.)  
524 (14:21-14:55)  
525 I: *Kannst du mir erklären, woher du weißt, dass die in der Reihenfolge stehen müssen?*  
526 A: *Weil ich ja alle gefühlt habe. Und dann ehm hab ich mir gemerkt, dass die die leichteste ist und die die schwerste. (A deutet dabei auf die jeweiligen Dosen.)*  
527 I: *Welche hast du denn miteinander verglichen vorher?*  
528 A: *Erst die zwei (zeigt auf die zwei Dosen rechts) und dann die zwei (zeigt auf die zwei Dosen links).*  
529 I: *Aber die beiden (zeigt auf die beiden äußeren Dosen) hast du gar nicht miteinander verglichen.*  
530 A: *Nein, aber weil, ehm, die Mittlere, die war ja, mm, schwerer als die hier [Leichteste] und deswegen, ehm, weil die hier [Schwerste] schwerer war (.) müsste das eigentlich so sein.*

**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere, im ersten Interview auch unterschiedlich große, im zweiten und dritten Interview gleich große Gegenstände. Der Interviewer schiebt die zwei schwereren Gegenstände direkt vor das Kind: *Was ist schwerer?* Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält es die Aufforderung, den leichteren Gegenstand mit dem dritten (noch leichteren) zu vergleichen: *Welcher ist von diesen beiden schwerer?* Abschließend stehen alle drei Gegenstände vor dem Kind: **Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht.**

Sie sortiert die Filmdosen in der richtigen Reihenfolge und kann auch erklären, weshalb sie aus den zwei durchgeführten Gewichtsvergleichen auf das Verhältnis der nicht miteinander verglichenen Dosen schließen konnte, indem sie die Transitivitätsregel verbalisiert (Z. 530). Sie folgert aus: „Weil, ehm, die Mittlere, die war ja, mm, schwerer als die hier“ ( $B > C$ ) und „weil die hier schwerer war“ ( $A > B$ ), dass ihre Sortierung „eigentlich so sein müsste“ ( $A > C$ ).

In einer anderen Aufgabe (Aufg. 1.6b) zur Gewichtssortierung verzichtet sie im **zweiten** Interview zunächst auf einen eigentlich erforderlichen Gewichtsvergleich, wie der folgende Ausschnitt zeigt:

**Aufgabe 1.6b** (nur 2. und 3. Interview): Vor dem Kind liegen eine CD-Hülle, eine Schere und ein Esslöffel: *Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht!*

(Int. 2.1, 15:06- 16:16)

531 I: Kannst du mir die nach dem Gewicht sortieren?

532 A: Ohne Anfassen oder mit?

533 I: ???

534 (A vergleicht Schere und CD mit Handwaage, dann Löffel und CD, dann noch einmal Schere und CD und dann noch einmal Löffel und CD. Sie legt: CD – Löffel – Schere)

535 A: Ich glaub, dass ist die leichteste [Schere], das ist schwerer [Löffel] und das ist am schwersten [CD].

536 I: Wie hast du denn das jetzt herausgefunden? Kannst du mir das erklären?

537 A: Also ich hab (..) mir die [CD + Schere] mal angefasst (führt den Vergleich, während sie erklärt, noch einmal durch) und da war die [Schere] leichter als die CD-Hülle. Und die zwei [CD + Löffel] (ebenfalls paralleler manueller Vergleich) (..), da war das [Löffel] leichter auch als die CD-Hülle. (...) Und dann hab ich (..), die [Löffel + Schere] noch (...) ja (.), weil die musst ich auch noch vergleichen, weil sonst hätte ich nicht die zwei [Löffel + Schere] so da hin tun können.

Nachdem sie zwei verschiedene Gewichtsvergleiche durchgeführt hat, legt sie die drei Gegenstände in eine Reihenfolge. Während sie ihr Vorgehen erklärt, fällt ihr auf, dass die Transitivitätsregel nicht greift: Sie weiß nur, dass die CD schwerer als Löffel und Schere ist, über das Verhältnis von Schere und Löffel kann sie hieraus nichts schließen. Folgerichtig vergleicht sie noch Schere und Löffel und weiß, dass sie dann erst Sicherheit über die richtige Anordnung haben kann (Z. 537).

Das folgende Beispiel beschreibt Anjas Vorgehen im **dritten** Interview bei Aufgabe 1.6b:

(Int. 3.1, 10:17-11:16)

538 I: Kannst du mir die drei Gegenstände auch nach dem Gewicht sortieren?

539 (A vergleicht Schere und Löffel paarweise manuell und anschließend Löffel und CD miteinander. Bei diesem Vergleich hat sie in der Hand mit dem Löffel auch die Schere. Dann legt sie den Löffel auf den Tisch, vergleicht noch Schere und CD miteinander und legt: Löffel – Schere – CD.)

540 A: Ich würd sagen am schwersten ist der Löffel, dann kommt die Schere und dann die CD.

541 I: Mhm. Wie hast du das herausgefunden?

542 A: Ich hab immer ehm getastet, welches jetzt schwerer ist.

543 I: Und welche hast du miteinander verglichen?

544 A: Die zwei [Löffel und Schere], und diese zwei [Schere und CD] hier.

545 I: Mhm. Und dann weißt du auch, dass der Löffel schwerer ist als die CD?

546 A: Ja, ehm, weil ehm ja die Schere ist ja auch leichter als der Löffel und ja, weil die CD auch leichter ist als die Schere muss das eigentlich so sein.

Sie führt alle drei möglichen Vergleiche durch und legt dann die Reihenfolge Löffel > Schere > CD, was genau der Umkehrung der tatsächlichen Reihenfolge entspricht (CD > Schere > Löffel; > steht für „schwerer als“). Als Begründung beruft sie sich auf nur zwei Vergleiche (Z. 546) und die Transitivitätsregel, deretwegen sie nicht auf den Vergleich von Löffel und CD zurückgreifen muss. In der von ihr durchgeführten Reihenfolge erfolgte dieser Vergleich jedoch an zweiter Stelle, so dass es für die Sortierung nötig war, noch den fehlenden letzten Vergleich durchzuführen. Das bedeutet: Obwohl Anja aufgrund ihrer Vergleichsreihenfolge alle drei Vergleiche durchführen musste, um die Sortierung vornehmen zu können, ihr die Transitivitätsregel also nicht helfen konnte, stützt sie sich bei ihrer Erklärung doch auf nur zwei Vergleiche und die Transitivitätsregel. Dies spricht dafür, dass ihr diese Regel sehr bewusst ist.

### Zusammenfassung

Die Beispiele belegen, dass Anja über ein Transitivitätskonzept für die Größe Gewicht verfügt. In Situationen, in denen sie aufgefordert ist, ihr Vorgehen zu erklären, fällt ihr durch die erneute Beschäftigung auf, wenn ein noch erforderlicher Vergleich fehlt oder wenn ein durchgeführter Vergleich überflüssig gewesen wäre (s.o.). Die Transitivitätsregel ist so dominant, dass sie sie auch dort als Begründung anführt, wo sie sie gar nicht gebraucht hat.

### 2.2.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“

#### **Konzept: Einheiten**

Schon zum Zeitpunkt des ersten Interviews zeigte sich, dass Anja Konzepte aufgebaut hatte, die die Einheiten Gramm, Kilogramm und Tonne beinhalten (S. 102). Sie wusste, dass eine Gewichtsangabe aus Maßzahl und Einheit besteht. Eine Einheit ließ sie nur in Situationen weg, in denen es umgangssprachlich üblich ist, auf eine Einheit zu verzichten, weil der Sprecher sie als bekannt voraussetzen kann. Auf Nachfrage konnte sie in solchen Fällen nicht nur die richtige Einheit nennen, sondern auch andere Einheiten als unrealistisch verwerfen.

Dieses Wissen bestätigt sich in den weiteren Interviews. Anja verwendet weiterhin bei Gewichtsangaben Maßzahl und Einheit (vgl. die Beispiele aus den Konzepten *Schätzen*, S. 158ff. und *Wiegen*, S. 148ff.).

Die folgenden Ausschnitte aus dem **zweiten** bzw. **dritten** Interview zeigen, welcher Zusammenhang für sie zwischen den Einheiten Gramm und Kilogramm besteht:

(Int. 2.1, 19:21-19:36)

547 I: Weißt du, was der Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm ist?

548 A: Mm, also das ist 999 Gramm Unterschied und ja weil das (hebt die 1g-Sandmenge hoch) eigentlich ganz leicht ist und das (hebt die 1kg-Sandmenge hoch) eher schwer.



(Int. 3.1, 14:42-15:16)

549 I: Und kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und 500 Gramm?

550 A: 500g ist eigentlich auch schwerer als ein Gramm.

551 I: Mhm. Und was ist der Unterschied zwischen einem Kilogramm und 500 Gramm?

552 A: Ein Kilogramm ist genau das doppelte von 500 Gramm. Deswegen ist es auch schwerer.

553 I: Und was ist der Unterschied zwischen einem Kilogramm und einem Gramm?

554 A: Das, ehm, das hier [1kg] ist glaub ich das (...) das ist das Tausendfache, glaub ich, von einem Gramm. Ja.

Die Fragen zu den Einheiten Gramm und Kilogramm sind im dritten Interview umfangreicher als in den ersten beiden. Aus Anjas sicheren Antworten zum Verhältnis von einem Gramm, 500 Gramm und einem Kilogramm zueinander lässt sich zwar der Schluss ziehen, dass ihr im dritten Interview gezeigtes Konzept von Einheiten nahe am (oder identisch zum) wissenschaftlichen Konzept ist; ob hier eine (deutliche) Entwicklung im Verlauf der Untersuchung vorliegt, lässt sich nicht sagen, da die entsprechend detaillierte Befragung in den ersten beiden Interviews nicht erfolgte.

Was sich jedoch sagen lässt, ist, dass sie ihre Aussagen über das Verhältnis von einem Gramm zu einem Kilogramm gegenüber dem ersten Interview präzisiert. Sie nennt im ersten Interview den Faktor (1000) mit der Einheit Gramm (I: *Weißt du, wie viel mehr ein Kilogramm ist?* A: *Tausend Gramm.*, vgl. Z. 139; S. 105), so dass ihre Aussage nach Differenz klingt, obwohl auch denkbar ist, dass sie auch hier das Vielfache meint. Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview drückt sie sich hier genauer aus: Sie benennt im zweiten Interview die Differenz korrekt mit 999g (also mit Einheit) (Z. 548), das Vielfache mit „das Tausendfache“ (ohne Einheit) (Z. 554).

### Zusammenfassung

Das im ersten Interview gezeigte Wissen, bestätigt sich in den Folgeinterviews. Sie weiß,

- dass es unterschiedliche Einheiten gibt,
- dass die Einheiten in Beziehung zueinander stehen,
- dass eine Gewichtsangabe aus Maßzahl und Einheit besteht sowie
- welche Einheit bei einem vorliegenden Gegenstand und einer vorgegebenen Maßzahl die Gewichtsangabe sinnvoll ergänzt,

Da sie das Verhältnis von einem Gramm und einem Kilogramm präziser gegenüber dem ersten Interview benennen kann, kann man von einem Ausbau des Konzepts sprechen.

### Konzept: Umgang mit Maßangaben

Schon zum Zeitpunkt des ersten Interviews hatte sich gezeigt, dass Anja über ein Konzept verfügt, das sowohl das Runden von Maßzahlen als auch das Rechnen damit beinhaltet (S. 106). Sie war in der Lage, in entsprechenden Situationen dieses Konzept zu aktivieren und richtig zu nutzen. Diese Fähigkeit findet sich im zweiten und dritten In-

terview wieder. Insbesondere beim Rechnen mit Maßangaben zeigt sich immer wieder ihr souveräner Umgang mit Zahlen, wobei sich dies in den Interviews im wesentlichen auf Addition und Subtraktion beschränkt. Das macht deutlich, dass Anja über ein gefestigtes Zahlkonzept verfügt, bei dem sie in der Lage ist, es mit unterschiedlichen Kontexten – wie hier der Größe Gewicht – zu vernetzen. Diese Sicherheit trägt dazu bei, dass ihr z.B. die Gewichtsbestimmung mit der Tafelwaage keine Probleme bereitet: Es fällt ihr nicht schwer, die Gewichtsangaben der einzelnen Gewichtssteine zu addieren. Sowohl bei Aufgaben zum Schätzen und Auswiegen von Gegenständen als auch z.B. bei der Umsetzung eines Kuchenrezepts geht sie sicher mit den auftretenden Maßangaben um.

Während sie im ersten Interview zum Teil sogar selbständig gerundete Gewichtsangaben machte, geschieht dies im zweiten und dritten Interview zumeist nur nach Aufforderung und eher kleinschrittig.

(Int. 2.2, 20:50-21:20)

[Anja hat das Gewicht des Fußballs auf 200g geschätzt und ihn anschließend mit der digitalen Küchenwaage ausgewogen.]

555 A: *Der wiegt 434 Gramm.*

556 I: *Mhm.*

557 A notiert das Gewicht.

558 I: *Um wie viel hast du dich verschätzt?*

559 A: *Um (.) 234 Gramm.*

560 I: *Also ungefähr um*

561 A: *234 Gramm, also ungefähr 230.*

(Int. 2.2, 23:57-24:29)

[Anja hat das Gewicht des Apfelsacks auf 1100 Gramm geschätzt und wiegt den Sack mit der digitalen Küchenwaage aus.]

562 A: *Sind 1993 Gramm.*

563 I: *Mhm.*

564 A notiert das Wägeergebnis.

565 I: *Wie viel ist denn das jetzt ungefähr?*

566 A: *Fast zwei Kilogramm.*

567 I: *Mhm. (.) Und wie hast du dich verschätzt? So ungefähr?*

568 A: *Mm. (...) Um 800 Gramm. (.) 890 Gramm. Ungefähr.*

In beiden Beispielen rechnet Anja die Differenz aus (das belegt ihre Sicherheit im Zahlraum). Als sie aufgefordert wird, die Differenz zu runden, rundet sie auf den Zehner. Angemessen wäre eher eine Rundung auf den Hunderter (Fußball) oder den Tausender (Apfelsack). Dass sie nicht entsprechend rundet, lässt sich verschieden interpretieren. Zum einen fehlt ihr (vermutlich) die Erfahrung, wann man in welcher Größenordnung rundet. Zum anderen kann es sein, dass sie im Rahmen des Unterrichts gerade lernt, auf den nächsten Zehner zu runden. Interessant ist, dass sie im ersten Interview in einer entsprechenden Rundungssituation 1983 Gramm auf 2000 Gramm gerundet hat und nicht etwa auf 1980 Gramm. Sie hat also intuitiv (vor der unterrichtlichen Behandlung) eine angemessene Rundung vorgenommen.

Das folgende Beispiel, in dem Anja aufgefordert ist, die Zutaten für einen Erdbeerkuchenteig auszuwiegen, belegt zum einen, dass sie in der Lage ist, mit Maßangaben zu

rechnen. Zum anderen zeigt es, dass sie innerhalb eines Alltagskontextes in der Lage ist, intuitive Rundungen vorzunehmen.

(Int. 3.2, 15:02-20:46)

[Anja füllt die Zutaten für einen Erdbeerkuchen ab.]

- 569 A (hört mit dem Löffeln auf, kippt das Mehl in die Schüssel): *Mach ich mal so, geht schneller.* (10 Sek.) *Da muss jetzt noch 'n bisschen was [Die eine Mehltüte ist leer.] aus dieser Mehltüte rein, damit es genug Mehl ist für den Kuchen.* (Sie öffnet die neue Mehlpäckung und löffelt weiter Mehl in die Schüssel.) (62 Sek.) *Also es sind 254 Gramm.(..) Und jetzt noch Zucker, 100g. (..) Dann muss ich ehm hier einfach gucken, wie viel das hier jetzt wiegt und dann muss ich mir merken, auf welches Gewicht ich nachher kommen muss. Also ich muss jetzt gleich auf 300, ehm ungefähr 350 Gramm kommen.* (A schüttet den Zucker in die Schüssel.) (32 Sek.) *Jetzt ist 350 Gramm, hab ich da 100 Gramm rein getan.*

Anja weiß offensichtlich, dass es nicht unbedingt auf das grammgenaue Abwiegen ankommt: so geht sie kommentarlos davon aus, dass es für den Kuchen keinen Unterschied macht, wenn statt 250 Gramm 254 Gramm Mehl abgefüllt werden. Entsprechend reduziert sie selbstverständlich die angegebene Zuckermenge, indem sie den Zucker bis zur 350-Gramm-Anzeige auffüllt und nicht bis zur 354-Gramm-Anzeige. Dieser Umgang mit Maßangaben zeigt, dass ihr Gewichtsangaben in Alltagskontexten vertraut sind, da sie sich nicht „übergenu“ an die Angaben hält.

## Zusammenfassung

Im zweiten und dritten Interview bestätigt sich, dass Anja ein gefestigtes Konzept für Zahlen hat, so dass ihr auch der Umgang mit Maßangaben keine Schwierigkeiten bereitet. Zugute kommt ihr dabei sicherlich, dass andere Konzepte, die im Zusammenhang mit der Größe Gewicht aktiviert werden, bei ihr bereits sicher verankert sind, so dass das Vernetzen der Konzepte bei der Bearbeitung der Situationen gut gelingt.

### 2.2.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“

#### **Konzept: Wiegen als Vergleichsvorgang**

Im ersten Interview wurde deutlich, dass Anja über ein Konzept verfügt, das den Messvorgang als Vergleich beinhaltet: Beim Auswiegen eines Gegenstandes mit der Tafelwaage griff sie auf das ihr aus einer vorangegangene Wägung bekannte Gewicht zurück, zerlegte dieses Gewicht in passende Gewichtssteine und wusste, dass sich die Waagschalen im Gleichgewicht befinden müssen, um das Gewicht des Gegenstandes anzuzeigen (S. 107). Dieses Verhalten findet sich auch im **zweiten** Interview. Auch hier orientiert sie sich beim Abwiegen (in diesem Fall einer Fruchtschnitte) mit der Tafelwaage an dem ihr bekannten Ergebnis der digitalen Waage (s. Konzept *Wiegen*, S. 148ff.) und erzeugt ein Gleichgewicht der Waagschalen. Interessant ist, dass sich dieses Vorgehen im **dritten** Interview nicht findet. Dort versucht sie in der entsprechenden Situation zu zeigen, wie sich ein iterativer Wägeprozess mit der Tafelwaage gestaltet:

(Int. 3.2, 05:01-06:17)

- 570 I: *Kann man denn mit der Tafelwaage einen Marsriegel abwiegen?*

- 571 A (nickt): *Ja, das kann man. (...) Man legt einfach den Marsriegel auf die eine Seite (legt den Marsriegel auf die eine Waagschale) und die Gewichte auf die andere. (...) Z.B. guckt man, wiegt der (legt einen 50g-Stein auf die andere Waagschale) 50 Gramm? (...) Nicht ganz. (...) Dann kann man noch zehn Gramm dazu tun (legt einen 10g-Stein dazu, beobachtet die Bewegung der Waagschalen), das ist irgendwie zu schwer (nimmt den 10g-Stein wieder von der Waagschale). Dann fängt man meistens an mit einem Gramm (legt einen 1g-Stein auf die Waagschale), dann mit zwei (legt einen 2g-Stein dazu, beobachtet die Bewegung der Waagschalen und legt noch einen weiteren 1g-Stein dazu). (...) Wiegt das nicht ganz, aber fast.*
- 572 I: *Wie viel hast du jetzt da drauf liegen gehabt?*
- 573 A: *54 Gramm liegt jetzt da drauf. Jetzt muss ich (legt einen weiteren 1g-Stein mit auf die Waagschale). 55 (beobachtet die Bewegung der Waagschalen) Das ist jetzt 'n bisschen zu schwer (nimmt einen 1g-Stein wieder von der Waagschale herunter).*
- 574 I: *Was heißt das?*
- 575 A: *Dass der Riegel zwischen 54 und 55 Gramm ist, ungefähr.*
- 576 I: *Mhm. (...) Passt das mit den Ergebnissen der anderen Waagen?*
- 577 A: *(.) Ja, so ungefähr. (.) Eigentlich schon.*

Obwohl Anja das Gewicht des Marsriegels bereits aus vorangegangenen Wägungen bekannt ist (s. Konzept *Wiegen*, S. 149), tut sie so, als wüsste sie nicht, wie schwer er ist. Sie verzichtet also bewusst darauf und simuliert einen echten Wägeprozess, bei dem sie demonstriert, wie man mit Hilfe der Gewichtssteine ein Gleichgewicht erzeugt. Dieses Vorgehen zeigt, dass sie ein Verständnis davon hat, dass es sich beim Auswiegen um einen Vergleichsvorgang mit Gleichheit handelt.

### Konzept: Waagen

Schon im ersten Interview zeigte sich, dass Anja Konzepte für die verschiedenen Waagentypen aufgebaut hatte, in denen sie sowohl allgemeines Wissen wie Einsatzort und -zweck als auch den Umgang damit gespeichert hat (S. 109). Diese Konzepte bestätigen sich im zweiten und dritten Interview, in denen mehr Waagen zur Verfügung stehen als im ersten Interview. Auch hier sind ihr alle bekannt: Sie kann jeweils Namen und Einsatzzweck benennen.

**Aufgabe 2.2:** Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage sowie eine Briefwaage: **Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen?** I. zeigt einzeln auf die Waagen: **Wo(für) verwendet man diese Waage?** Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand (Klebstoff-Flasche/Fruchtschnitte/Marsriegel) aus!

### Personenwaage

(Int. 2.2, 00:06-00:07)  
578 A: *Das ist 'ne Personenwaage.*

(Int. 2.2, 00:52-00:56)  
579 I: *Das ist ja 'ne Personenwaage. Wofür verwendet man die?*  
580 A: *Um sich selber zu wiegen.*

(Int. 3.2, 0026:-00:29)  
581 A: *Das ist 'ne Personenwaage. Da kann man sich selber wiegen.*

(Int. 3.2, 01:14-01:26)  
582 I: *Könnte man mit dieser Waage denn auch in der Küche arbeiten?*  
583 A: *Nicht so gut. Weil in der Küche braucht man ganz oft 500 Gramm oder so und das zeigt die nicht so genau an.*  
584 I: *Was zeigt die denn an?*  
585 A: *Kilogramm.*

Sie kennt die Personenwaage und weiß, dass man diese Waage nutzt, um das eigene Gewicht zu bestimmen (Z. 580, 581). Im dritten Interview erklärt sie auf Nachfrage, dass die Personenwaage nicht für den Einsatz in der Küche geeignet ist: Die Skala einer Personenwaage ist unzureichend unterteilt, so dass die in der Küche benötigten kleineren Gewichtsmengen nicht angezeigt werden können (Z. 583). Diese Erklärung belegt, dass sie über ein Konzept verfügt, das beinhaltet, in welchem Zusammenhang welche Genauigkeit erforderlich ist und welche Waage diesem Anspruch gerecht wird. Dieses Konzept tauchte auch im ersten Interview schon auf (s. S.110).

### Tafelwaage

- (Int. 2.2, 05:42-06:01)
- 586 I: *Woher kennst du die [Tafelwaage] denn?*
- 587 A: *Die, (.) die ist auf dem Markt. Immer, freitags. Und da wiegen die Äpfel ab. Oder Birnen.*
- 588 I: *Mhm. (.) Und wie machen die das?*
- 589 A: *Die nehmen 'n Gewichtsstein, stellen den drauf und auf die andere Seite dann das (.) z.B. die Birnen.*
- (Int. 2.2, 06:13-06:16)
- 590 I: *Weißt du, wie man die nennt?*
- 591 A: *Tafelwaage.*

- (Int. 3.2, 00:03-00:08)
- 592 A: *Ich kenn die Waage. Das ist 'ne Tafelwaage. Die ist auf dem Markt. Da wird Obst und Gemüse abgemessen.*

Während Anja im ersten Interview ihr Wissen über die Tafelwaage auf Abbildungsbeispiele in Büchern zurückführte, führt sie im **zweiten** und **dritten** Interview die ihr bekannte Verwendung auf dem Markt an (Z. 587, 592). Man könnte zunächst denken, sie wisse allein aus der Unterrichtsreihe, dass man die Tafelwaage auf dem Markt einsetzt. Ihre Ergänzung „*immer freitags*“ macht aber deutlich, dass sie den Einsatz der Tafelwaage tatsächlich selbst erlebt (Z. 587).

### Briefwaage<sup>61</sup>

- (Int. 2.2, 01:40-01:54)
- 593 I: *Was ist das nochmal für eine Waage?*
- 594 A: *Briefwaage.*
- 595 I: *Wofür braucht man denn eigentlich eine Briefwaage?*
- 596 A: *Um Briefe zu wiegen, weil die verschiedenes Porto brauchen.*
- 597 I: *Mhm. O.k., kann man denn mit einer Briefwaage auch so 'ne Fruchtschnitte abwiegen?*
- 598 A (nickt): *Kann man auch.*

- (Int. 3.2, 00:10-00:17)
- 599 A: *Das ist 'ne Briefwaage, weil da wiegt man Briefe ab, weil wenn die über 20 Gramm sind, kosten die mehr als 55 Cent.*

Auch die Briefwaage kennt Anja. Sie weiß, dass das Porto für Briefe abhängig von ihrem Gewicht ist (Z. 596, 599). Trotz dieser zugeordneten Funktion ist ihr bewusst, dass man mit einer Briefwaage auch das Gewicht eines Fruchtriegels bestimmen kann. Wie

61 Im ersten Interview stand keine Briefwaage zur Verfügung.

bei der Personenwaage wird hier deutlich, dass sie den Einsatzzweck einer Waage auf einer funktionalen Ebene bestimmt, losgelöst vom namentlichen Einsatzzweck. Dass diese Tatsache keine Selbstverständlichkeit darstellt, zeigen Beispiele anderer Kinder (vgl. hierzu das Kap. C 4).

### Analoge und digitale Küchenwaage

(Int. 2.2, 07:47-07:52)  
 600 A: *Da kann man auch Sachen mit abwiegen.*  
 601 I: *Wo verwendet man die denn?*  
 602 A: *In der Küche.*

(Int. 3.2, 00:20-00:26)  
 603 A: *Ich glaub die zwei sind zwei wirkliche Küchenwaagen. Da eh wiegt man mit wie viel ??? für den Kuchen ab.*

Anja kennt sowohl die digitale als auch die analoge Küchenwaage und kann ihren Einsatz in der Küche z.B. zum Backen benennen (Z. 602, 603).

(Int. 2.2, 04:17-04:29)  
 604 I: *Wieso sagst du eigentlich ungefähr achtzig Gramm und nicht genau achtzig Gramm?*  
 605 A: *Weil, eh manchmal kann man das auch bei der Waage nicht so genau sehen. (.) Kann man das besser bei so 'ner Elektrischen (zeigt auf die digitale Küchenwaage).*

(Int. 3.2, 00:30-00:38)  
 606 I: *Was ist denn der Unterschied zwischen den beiden Küchenwaagen?*  
 607 A: *Die ist digital und die hat so 'nen komischen Strich.*

Den Unterschied zwischen den beiden Waagentypen klärt sie im **dritten** Interview allein über die Art der Anzeige. Im **zweiten** Interview schließt sie in diesem Zusammenhang auf einen Genauigkeitsunterschied, der aus der Anzeigeart entsteht, ohne aber zu explizieren, warum die analoge Küchenwaage das Gewicht nicht so genau anzeigt wie die digitale Küchenwaage (Z. 605).

Ihre Vorstellung von der Genauigkeit der digitalen Küchenwaage präzisiert sie später:

(Int. 2.2, 06:18-07:00)  
 608 I: *Welcher Waage würdest du denn jetzt am ehesten vertrauen, wenn du dir eine aussuchen dürftest?*  
 609 A: *(.) Der digitalen.*  
 610 I: *Wieso denn der?*  
 611 A: *Weil die kann das eigentlich auf Gramm genau anzeigen.*  
 612 I: *Mhm. (.) Und was ist mit der [Tafelwaage]?*  
 613 A: *Die kann das eigentlich auch. Nur manchmal ist das 'n bisschen (.) ja 'n bisschen ungenau.*  
 614 *(6 Sek.)*  
 615 I: *Warum ist die 'n bisschen ungenau?*  
 616 *(6 Sek.)*  
 617 A: *Bei manchen Tafelwaagen da ist so eine Seite voll schwer als die andere. (.) Und deswegen.*  
 618 (Int. 2.2, 15:58-16:02)

(Int. 3.2, 08:56-09:03)  
 621 I: *Wieso hast du dir die [digitale Waage] ausgesucht?*  
 622 A: *Weil die eigentlich auch am genauesten ist, weil das nicht so 'ne Zehnerz (.) weil das keine Zehnerzahl ist.*

- 619 I: *Wieso hast du dir die Waage [digitale  
Küchenwaage] ausgesucht?*  
620 A: *Weil die am genauesten ist.*

Anja findet, dass es sich bei der digitalen Waage um die Waage handelt, die die genaueste Gewichtsangabe macht (Z. 611). Zum einen hängt dies vermutlich damit zusammen, dass sie, obwohl sie auch mit dem Ablesen einer Gewichtsangabe auf einer analogen Waagenskala kein Problem hat, das Ablesen der digitalen Gewichtsangabe als einfacher empfindet, weil hier genau eine Zahl genannt wird. Zum anderen erklärt sie im dritten Interview, dass die digitale Waage genauer ist, da diese die Gewichtsangabe nicht auf eine Zehnerzahl rundet (Z. 622), während das Ablesen einer Gewichtsangabe bei einer analogen Waage durch die nicht weiter unterteilte Waagenskala als ungenauer empfunden wird. Dies lässt sich tatsächlich als ein Argument für Genauigkeit werten: Wenn die analoge Küchenwaage „80g“ anzeigt, kann das Gewicht (abhängig von der Waage) zwischen 75g und 84g liegen; wenn die digitale Waage 80g anzeigt, bedeutet dies >79g und <81g. Aus diesem Grund wählt Anja in den Fällen, in denen es ihr freigestellt ist, immer die digitale Küchenwaage aus, um das Gewicht eines Gegenstandes zu bestimmen.

Im folgenden Beispiel aus dem **zweiten** Interview erklärt Anja noch einmal, dass sie denkt, dass die Waagen gleich funktionieren, aber bei den digitalen Waagen, eine genauere Anzeige des Wägeergebnisses möglich ist, weil etwas „*Elektronisches ausgelöst*“ wird (Z. 628).

- (Int. 2.2, 04:49-05:36)  
623 I: *Und? Passt das mit dem Ergebnis der Briefwaage?*  
624 A: *Ungefähr. (.) Ja, weil, es sind nur zwei Gramm Unterschied.*  
625 I: *Ist das viel?*  
626 A (schüttelt mit dem Kopf): *Nein, gar nicht.*  
627 I: *Und woran liegt das, das die [digitale Waage] dir (.) 78 Gramm anzeigt und die [Briefwaage] hier so ungefähr 80 Gramm angezeigt hat?*  
628 A: *Weil die Elektrischen, die können das genauer.*  
629 I: *Mhm.*  
630 A: *Ist eigentlich fast so wie mit der [analogen Küchenwaage]. Nur da wird irgendwas Elektronisches ausgelöst.*  
631 I: *Mhm.*  
632 A: *Das dann genauer anzeigt.*  
633 I: *Mhm. (..) Was meinst du denn mit 'das ist fast genauso wie mit der'?*  
634 (5 Sek.)  
635 A: *Ja, ein bisschen genau ist, also fast genauso wie jetzt die (..) weil hier [digitale Waage], ehm, ungefähr das gleiche anzeigen.*

Das Beispiel zeigt, dass Anja die digitale Waage für eine genauere Waage hält; sie begründet dies über die eindeutig abzulesende Zahl (Z. 632).

### Zusammenfassung

Die aufgeführten Beispiele bestätigen, dass Anja über umfassende Konzepte zu den unterschiedlichen Waagentypen verfügt, was sich bereits im ersten Interview gezeigt hat.

In diesen Konzepten hat sie sowohl allgemeines Wissen wie Einsatzort und -zweck als auch den Umgang damit gespeichert.

Während sie im ersten Interview die digitale Küchenwaage noch nicht kannte, verfügt sie ab dem zweiten Interview über ein aktivierbares Konzept für diese Waage. Darin integriert ist die Vorstellung, dass die digitale Waage das Ergebnis genauer anzeigt als eine analoge. Ob sie damit wirklich meint, dass eine digitale Waage genauer wiegt als eine analoge, bleibt offen. Denkbar ist auch, dass sie die Angabe einer konkreten Zahl bei der digitalen Waage als genauer empfindet gegenüber der Situation, in der sie selbst die Zeigeranzeige auf einer Waagenskala interpretieren muss und dabei ein Interpretationsspielraum bleibt. Ihr Konzept für die digitale Küchenwaage hat sie bereits im Rahmen des ersten Interviews bereits angelegt, wo sie in der Lage war – obwohl sie die Waage nicht kannte –, sie für eine Wägung zu nutzen. Es lässt sich keine Aussage darüber treffen, inwieweit sich das Konzept aufgrund des unterrichtlichen Umgangs verändert hat.

Im Hinblick auf die anderen im ersten Interview eingesetzten Waagentypen lässt sich keine Entwicklung in ihren Wissen feststellen.

### **Konzept: Wiegen**

Anja hat bereits im ersten Interview gezeigt, dass sie mit verschiedenen Waagentypen umgehen kann (S. 111). Dies zeigt sich auch in den weiteren Interviews. Beim praktischen Umgang mit den unterschiedlichen Waagen bestätigt sich, dass Anja viele Waagen kennt und eine Vorstellung davon hat, wie man diese Waagen verwendet.

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, bei denen es das Gewicht sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: *Schätze, wie schwer ... ist!* Und **Wiege aus, wie schwer ... ist!**

### **Tafelwaage**

Auffällig ist Anjas Umgang mit der Tafelwaage, bei der es sich um einen Waagentyp handelt, der den Kindern nicht mehr so geläufig ist, da er ihnen im Alltag immer weniger begegnet. Dennoch kann Anja mit der Tafelwaage sehr gut umgehen, was darauf zurückgeführt werden kann, dass sie den Einsatz selbst regelmäßig erlebt (vgl. Konzept *Waagen*, S. 145). Dabei zeigt sich, dass sie das bereits gewonnene Wissen über das Gewicht eines Gegenstandes für die Wägung nutzt, wie der folgende Ausschnitt aus dem **zweiten** Interview zeigt:

(Int. 2.2, 06:05-07:19)

[Anja hat die Fruchtschnitte vorab mit der digitalen Küchenwaage gewogen (78g).]

- 636 I: *Dann wieg doch mal die Fruchtschnitte mit dieser Waage [Tafelwaage]. (6 sec) Weißt du, wie man die nennt?*  
637 A: *Tafelwaage.*  
638 I: *Mhm.*



- 639 (A legt die Fruchtschnitte auf die eine Seite der Waagschale, auf die andere Waagschale legt sie 80 Gramm (50g + 20g + 10g), wobei sie noch einen weiteren 10g-Stein in der Hand bereit hält. Als sie sieht, dass die Waagschale mit den Gewichtssteinen bereits schwerer ist, legt sie diesen weiteren 10g-Gewichtsstein wieder weg.)
- 640 I: *Wie viel liegt jetzt drauf?*
- 641 A: *Hier liegt jetzt 70. (...) Nee, da liegt jetzt auch 80 Gramm drauf.*
- 642 I: *Mhm.*
- 643 A: *Das [Waagschale mit den Gewichtssteinen] ist nur 'n bisschen schwerer. (...) Aber (...) kann man 'n 2g-Stück auf die andere Seite legen (A legt ein 2g-Gewichtsstein auf die Waagschale mit der Fruchtschnitte), müsste dann jetzt eigentlich genau sein. (...) Ja, das ist.*
- 644 I: *Mhm. Kannst du mir jetzt sagen, wie schwer die Fruchtschnitte ist?*
- 645 A: *Ja, ich kann erst diese (zeigt auf die Gewichtssteine) zusammenrechnen. Das ist 80. Und dann minus die zwei (zeigt auf den 2g-Gewichtsstein) sind 72 (...) 78.*
- 646 I: *Woher weißt du denn, dass du das abziehen musst?*
- 647 A: *Weil das ja zu der Fruchtschnitte dazu kommt.*

Anja hat das Gewicht der Fruchtschnitte bereits mit anderen Waagen bestimmt. Dieses Wissen lässt sie beim Einsatz der Tafelwaage nicht isoliert stehen, sondern aktiviert es, um es bei der Wägung mit der Tafelwaage nutzen zu können.

Es fällt auf, dass sie bei der Wägung auf beiden Waagschalen Gewichtssteine einsetzt und durch entsprechende Additions- und Subtraktionsanwendung das Gewicht ausrechnet. Dieses Vorgehen kannte sie aus dem ersten Interview, in dem sie es aufgrund eines Interviewerhinweises eingesetzt hat. Im zweiten Interview setzt sie es nun selbständig ein. Zum Zeitpunkt des zweiten Interviews hat sie offensichtlich das theoretische Wissen von vor dem ersten Interview (schriftlicher Test) mit dem aktiven Vorgang im ersten Interview innerhalb eines Konzepts vernetzt und ist in der Lage, diese Vorgehensweise eigenständig umzusetzen. Außerdem kann ihr Vorgehen auch auf unterrichtlichen Einfluss zurückzuführen sein.

Im **dritten** Interview ähnelt die Sequenz, in der sie zu einer Wägung mit der Tafelwaage aufgefordert ist, einer offensichtlichen Demonstration des Vorgehens, in dem sie ihre Handlungen entsprechend erläutert:

- (Int. 3.2, 05:01-06:17)
- [Anja hat den Marsriegel vorher mit der digitalen Küchenwaage gewogen (54g).]
- 648 I: *Kann man denn mit der Tafelwaage einen Marsriegel abwiegen?.*
- 649 A (nickt): *Ja, das kann man. (...) Man legt einfach den Marsriegel auf die eine Seite (legt den Marsriegel auf die eine Waagschale) und die Gewichte auf die andere. (...) Z.B. guckt man, wiegt der (legt einen 50g-Stein auf die andere Waagschale) 50 Gramm? (...) Nicht ganz. (...) Dann kann man noch zehn Gramm dazu tun (legt einen 10g-Stein dazu, beobachtet die Waagenbewegung), das ist irgendwie zu schwer (nimmt den 10g-Stein wieder von der Waagschale). Dann fängt man meistens an mit einem Gramm (legt einen 1g-Stein auf die Waagschale), dann mit zwei (legt einen 2g-Stein dazu, beobachtet die Waagenbewegung und legt noch einen weiteren 1g-Stein dazu). (...) Wiegt das nicht ganz, aber fast.*
- 650 I: *Wie viel hast du jetzt da drauf liegen gehabt?*
- 651 A: *54 Gramm liegt jetzt da drauf. Jetzt muss ich (legt einen weiteren 1g-Stein mit auf die Waagschale). 55 (beobachtet die Waagenbewegung) Das ist jetzt 'n bisschen zu schwer (nimmt einen 1g-Stein wieder von der Waagschale herunter).*
- 652 I: *Was heißt das?*
- 653 A: *Dass der Riegel zwischen 54 und 55 Gramm ist, ungefähr.*
- 654 I: *Mhm. (...) Passt das mit den Ergebnissen der anderen Waagen?*
- 655 A: *(...) Ja, so ungefähr. (...) Eigentlich schon.*

In diesem Ausschnitt zeigt sich, dass sie im Umgang mit der Tafelwaage so sicher ist, dass sie ihr Vorgehen von sich aus während des Auswiegens kommentiert. Sie begibt sich sozusagen in eine „Lehrerrolle“.

### Personenwaage

Wie auch schon im ersten Interview ist Anja in der Lage, ihr Gewicht mit Hilfe einer (analogen) Personenwaage zu bestimmen:

- (Int. 2.2, 01:05-01:25)
- 656 A: *Man stellt sich einfach drauf* (A stellt sich auf die Personenwaage.) *und dann sieht man das da vorne.* (A zeigt auf die Skala.) (.) *Gibt auch elektrische* (A stellt sich neben die Waage).
- 657 I: *Genau. Und was hast du? Stell dich noch mal drauf.* (A stellt sich wieder auf die Personenwaage.) (.) *Wie schwer bist du?*
- 658 A: *Mm ungefähr* (.) *47* (.) *Kilogramm.*
- 659 I: *Woran kannst du das denn ablesen?*
- 660 A (zeigt auf die Skala): *Weil hier ist 45. Und da ist 47, zwei kleine Striche weiter.*

- (Int. 3.2, 00:50-01:08)
- 661 A: *Also man stellt sich einfach da drauf* (stellt sich auf die Personenwaage).
- 662 I: *Mhm.*
- 663 A: *Und dann sind hier auch kleine Striche und dann kann man sehen, wie viel man wiegt.*
- 664 I: *Mhm.*
- 665 A: *Also hier* (deutet auf die Skala), *vierzig steht hier ja groß und dieser lange Strich ist dann fünf.*
- 666 I: *Mhm.*
- 667 A: *Und ich wieg' 47 Kilogramm.*

In beiden Situationen erklärt sie kurz den Aufbau der Skala und wie sie ihr Gewicht als Ergebnis ablesen kann. Ihr spontanes Erkennen des Skalenaufbaus hängt damit zusammen, dass sie über ein gut aufgebautes Konzept für den Zahlraum bis hundert verfügt. Auch hier fällt im dritten Interview auf, dass sie den Vorgang der Wägung kommentiert und sich dadurch in eine Lehrerrolle begibt.

### Digitale Küchenwaage

Beim Einsatz der digitalen Waage ist in dem von ihr aktivierten Konzept verankert, dass die Waage zunächst eingeschaltet und auf die Nullanzeige gewartet werden muss:

- (Int. 2.2, 04:34-04:45)
- 668 (A stellt die digitale Waage an, wartet auf die Nullanzeige und legt dann die Fruchtschnitte auf die Waagschale.)
- 669 A: *Dann legt man das hier drauf.* (..) *Das wiegt* (.) *78 Gramm.*

- (Int. 3.2, 01:36-02:08)
- 670 I: *Dann nimm dir die mal. Und zeig mir mal, wie man mit der Waage oder erklär mir mal, wie man mit der Waage den Marsriegel auswiegt* (schiebt digitale Waage und Marsriegel vor Anja).
- 671 A: *Also man drückt erst hier drauf* (stellt die Waage an), (.) *wartet man bis da 'ne Null steht und tut den da drauf* (legt den Marsriegel auf die Waagschale).
- 672 I: *Wieso muss man denn warten, bis da eine Null steht?*
- 673 A: *Weil ehm sonst wiegt das eigentlich 0 Gramm, wenn man das dann wegnimmt, wiegt das minus irgendwas.*
- 674 I: *Mhm. (5 Sek.) Und wie schwer ist der Marsriegel?*

675 A: 54 Gramm.

Wie auch schon in der Situation mit der Tafelwaage (S. 148) führt Anja in beiden Interviewausschnitten die Wägungen souverän und richtig durch. Dennoch lässt sich auch hier im dritten Interview – wie auch schon bei Tafel- und Personenwaage angesprochen – eine Weiterentwicklung verzeichnen: Ihre Sicherheit im Umgang mit der Waage wird dadurch bestätigt, dass sie ihr Vorgehen während des Auswiegens erläutert. Bei ihrem Erklärungsansatz, warum sie vor Beginn der Wägung auf die Nullanzeige wartet, wird deutlich, dass ihr hier die Tara-Funktion bewusst wird (Z. 671). Ob ihr jedoch klar ist, dass es sich bei dem „*minus irgendwas*“ um die Angabe des Gewichts des Gegenstandes handelt, geht aus dieser Sequenz nicht hervor.

Die folgende Sequenz zeigt, dass Anja in der Lage ist, die digitale Waage auch in einer inszenierten Alltagssituation einzusetzen:

(Int. 3.2, 15:02-20:46)

676 I: Was ist das?

677 A: Das ist 'n Rezept für 'n Erdbeerkuchen.

678 I: Mhm. (.) Ich hab dir 'n paar von den Zutaten, die man für einen Erdbeerkuchen benötigt, mitgebracht. Außerdem Waage, Schüssel und 'nen Löffel. Und ich möchte, dass du den ersten Punkt (..) des Rezeptes jetzt ausführst. (..) Dabei erklärst, was du machst.

679 A: Also als erstes tu ich das hier drauf (stellt die Schüssel auf die Waagschale der digitalen Waage), damit das ehm nachher, wenn ich das wiege, die Schüssel nicht mitgewogen wird.

680 I: Mhm. Wieso wird die dann nicht mitgewogen?

681 A: Ehm, weil dies Teil dann schon denkt, dass das dazugehört einfach.

682 I: Mhm.

683 A: Also erst mal füll ich das Mehl rein, weil hier als erstes auch das Mehl drauf steht. (A löffelt das Mehl in die Schüssel.) (..) 250 Gramm. (9 Sek.) Und vorne an der Anzeige sieht man, wie viel man schon (.) wie viel man da rein getan hat.

684 I: Mhm.

685 A (hört mit dem Löffeln auf, kippt das Mehl in die Schüssel): Mach ich mal so, geht schneller. (10 Sek.) Da muss jetzt noch 'n bisschen was [Die eine Mehltüte ist leer.] aus dieser Mehltüte rein, damit es genug Mehl ist für den Kuchen. (Sie öffnet die neue Mehlpackung und löffelt weiter Mehl in die Schüssel.) (62 Sek.) Also es sind 254 Gramm. (..) Und jetzt noch Zucker, 100g. (..) Dann muss ich ehm hier einfach gucken, wie viel das hier jetzt wiegt und dann muss ich mir merken, auf welches Gewicht ich nachher kommen muss. Also ich muss jetzt gleich auf 300, ehm ungefähr 350 Gramm kommen. (A schüttet den Zucker in die Schüssel.) (32 Sek.) Jetzt ist 350 Gramm, hab ich da 100 Gramm reingetan.

686 I: Mhm.

687 A: Jetzt kommen Mandeln. (...) Muss ich wieder gucken, wo ich jetzt bin. (.) Ich bin jetzt auf 350, und dann müssen noch 100 dazu und 50 dazu, also 500 Gramm. (A schüttet vorsichtig die Mandeln in die Schüssel bis die Tüte leer ist.) (20 Sek.) da fehlen noch ein paar Mandeln.

688 I: Wie viel Mandeln solltest du denn dazu tun?

689 A: 150. (A liest noch einmal im Rezept nach.) (...) Ehm, zwei (.) ehm 25. ???

690 I: Ja. Dann versuch das mal rückgängig zu machen. Überleg mal, wie viel du drin hattest und nimm mal Mandeln raus und überleg mal, wie viel du raus nehmen musst.

**Aufgabe 2.4:** Umgang mit Gewichten in einer Alltagssituation: 1. und 3. Interview: Zutaten für ein Rezept abwiegen; 2. Interview: Päckchen mit vorgegebenem Gewicht packen. Vor dem Kind liegen die für die Situation relevanten Materialien. 1. und 3. Interview: Nachdem das Kind das Rezept gelesen und als solches erkannt hat, wird es dazu aufgefordert, die entsprechenden Zutaten mit Hilfe einer von ihm frei wählbaren Waage abzuwiegen.

- 691 (A holt wieder Mandeln aus der Schüssel raus. Dabei beobachtet sie die Waagenanzeige.)  
(11 Sek.) *Ich muss da 125 Gramm raustun.* (A holt weiter Mandeln aus der Schüssel, versucht,  
dass möglichst wenig Mehl und Zucker dabei sind.) (45 Sek) *Jetzt ist das eigentlich (...) genau  
richtig drin.*
- 692 I: *Mhm. (.) Wie viel zeigt denn die Waage an?*
- 693 A: *376. (.) Und das passt dann auch. Weil das ja waren vorher ja fünfzig war und 350 und 25  
sind eigentlich 375, aber ein Gramm ist nicht eigentlich nicht so viel.*

In diesem Ausschnitt nutzt sie die Tara-Funktion vor Beginn der Wägungen (Z. 679, 681), indem sie die Schüssel vorab schon auf der Waagschale platziert. Dies begründet sie selbst damit, dass auf diese Weise das Gewicht der Schüssel beim Wägeprozess ignoriert wird. Im ersten Interview hatte sie in der entsprechenden Situation die Tara-Funktion der analogen Küchenwaage genutzt. Im Gegensatz zur analogen Küchenwaage vollzieht die digitale Küchenwaage die Tara-Funktion vor dem Einstellen der Waage selbständig, was Anja in Bezug auf das Gewicht der Schüssel ausnutzt. Im weiteren Interviewverlauf nutzt sie die Tara-Funktion jedoch nicht weiter, sondern greift auf die Möglichkeit der Addition zurück. Ihre Sicherheit beim Vorgehen ist darauf zurückzuführen, dass ihr der Einsatz einer digitalen Waage im Backkontext offensichtlich vertraut ist (vgl. S. 143).

Anjas Umgang mit der Waage zeigt, dass sie über ein Konzept verfügt, in dem der Einsatz einer digitalen Küchenwaage im Kontext Küche bereits sicher verankert ist. Sie weiß, dass sie vor Beginn einer Wägung auf die Nullanzeige warten muss und nutzt hierbei auch die Tara-Funktion in einer alltagsnahen Backsituation, indem sie die Schüssel vor dem Einstellen der Waage auf die Waagschale stellt. Ihr weiteres Vorgehen lässt jedoch vermuten, dass sie die Tara-Funktion während des Wägevorgangs durch erneutes Drücken der Einstelltaste nicht kennt, da sie sie nicht nutzt, sondern sich durch den Einsatz der Addition behilft.

### Analoge Küchenwaage

Bereits im ersten Interview war Anja in der Lage, mit einem ihr unbekannten Modell der analogen Küchenwaage umzugehen und sich dabei die Einteilung der Skala zu erarbeiten. Die folgenden Interviewausschnitte zeigen ihre Wägungen mit diesem Waagentyp im **zweiten** und **dritten** Interview:

- (Int. 2.2, 07:54-09:25)
- 694 (A legt die Fruchtschnitte auf die Waagschale, nimmt sie sofort wieder runter.)
- 695 A: *Die ist nicht richtig. (.) Muss man eigentlich noch 'n bisschen verstellen.* (A dreht an der Skala, um die Waage in Nullstellung zu bringen.)
- 696 I: *Wieso muss man den denn verstellen?*
- 697 A: *Damit die, damit der Zeiger genau auf Null ist.*
- 698 I: *Warum muss man den Zeiger genau auf Null stellen?*
- 699 A: *Weil der sonst, weil der sonst was Falsches anzeigt.*
- 700 I: *Mhm.*
- 701 (A legt die Fruchtschnitte erneut auf die Waagschale.)
- 702 A: *Jetzt zeigt der auch 80 (.) ungefähr 80 Gramm.*
- 703 I: *Woran erkennst du das?*
- 704 A: *Weil jeder Strich ist 20 Gramm. Und der ist auf dem vierten, ungefähr auf dem vierten Strich, also ist das ungefähr 80 Gramm.*

- 705 I: Mhm. Woher weißt du denn, dass jeder Strich 20 Gramm anzeigt?  
 706 A: (...) Weil, ehm, (...) fünf mal zwei sind zehn, also fünf mal zwanzig sind hundert. Und der eine, der etwas längere Strich ist hundert. Und dann ja ist da, müsste das so sein.  
 707 I: Mhm. (...) Ja, super. Das heißt, (...) das passt eigentlich auch, oder?  
 708 A: Mhm.  
 709 I: Könnte denn 'ne Waage auch was ganz anderes anzeigen?  
 710 A: Ja, wenn man hier jetzt z.B. auf (nimmt die Fruchtschnitte von der Waagschale und dreht an der Skala) auch vierzig, zwanzig(.)zweihundert stellt (legt die Fruchtschnitte wieder auf die Waagschale)  
 711 I: Mhm.  
 712 A: Dann zeigt die was Anderes an. (...) Also dass die schwerer ist.  
 713 I: Ist die Fruchtschnitte denn dann wirklich schwerer?  
 714 A: Nein. (...) Zeigt die ja nur an, die Waage.  
 715 I: Mhm. Wie schwer ist die Fruchtschnitte denn dann?  
 716 A: 280 Gramm, wenn man die auf 200 stellt erst.  
 717 I: Mhm. (...) Und wie schwer ist sie dann wirklich?  
 718 A: Dann ist sie wirklich eigentlich wieder 80 Gramm.
- (Int. 3.2, 02:12-03:04)
- 719 I: Kannst du den [Marsriegel] auch mit der anderen Küchenwaage wiegen?  
 720 A: Nicht so gut, weil ehm hier sind so Striche für ehm z.B. 10 Gramm. (...) Dann zeigt das nicht genau an.  
 721 I: Du kannst es ja mal versuchen.  
 722 A: Man muss erst den Strich, (...) der muss auf die Null zeigen (dreht die Waage in Nullstellung). Dann den Marsriegel drauf (legt den Marsriegel auf die Waagschale). (...) Steht auch ungefähr bei 50 Gramm.  
 723 I: Mhm. Woran erkennst du das?  
 724 A: Weil er zwischen dem Strich von der vierzig und von der sechzig ist.  
 725 I: Wie viel, in wie viel Grammabständen stehen denn die Striche da?  
 726 A: Zwanzig.  
 727 I: Woher weißt du das?  
 728 A: Weil ehm (...) Null und Zwan. (...) Und dann sind immer zwanzig (...) vierzig, sechzig, achtzig und dann der Strich für die Hundert passt dann genau.

Anja hat innerhalb des Konzepts zum Umgang mit Waagen abgespeichert, dass die Waage vor Beginn einer Wägung auf Null steht (Z. 695, 697, 699, 722). Dies zeigte sich schon bei der Verwendung der digitalen Küchenwaage und findet sich auch beim Einsatz der analogen Küchenwaagen: Bevor sie anfängt den Gegenstand auszuwiegen, stellt sie die Waagskala auf Null. Dabei findet sie aufgrund ihrer Erfahrung auch bei ihr unbekannten Waagen das richtige Vorgehen<sup>62</sup> heraus.

Wie schon bei der analogen Personenwaage bereitet es ihr keine Probleme, den Aufbau der Waagskala zu verstehen: Sie kann sich aufgrund ihres gut aufgebauten Zahlraumkonzepts die Skaleneinteilung herleiten und dadurch die Gewichtsangabe der Waage ablesen.

Der folgende Interviewausschnitt aus dem **dritten** Interview zeigt eine Situation, in der sie nicht in der Lage ist, einen Unterschied in den Gewichtsangaben für den gleichen Gegenstand von analoger und digitaler Waage zu erklären:

62 In den Interviews kamen sowohl analoge Küchenwaagen zum Einsatz, bei denen die Skala per Drehknopf verstellt wird, als auch solche, bei denen das Sichtfenster gedreht wird.

(Int. 3.2, 03:07-03:17)

[A hat für den Marsriegel auf der digitalen Waage 54 Gramm und nun auf der analogen Küchenwaage „ungefähr 50 Gramm“ abgelesen.]

729 I: *Und passt das ungefähr mit dem Ergebnis von dieser digitalen Waage?*

730 A (nickt): *Mhm.*

731 I: *Obwohl es nicht, du nicht <54 Gramm>*

732 A: *<Ganz genau.>*

733 I: *abgelesen hast?*

734 A: *Ja, < weil>*

735 I: *<Warum denn?>*

736 A: *Es wiegt ungefähr so viel.*

Anja empfindet den Unterschied als nicht relevant; sie sagt aus, dass die Gewichtsangaben der beiden Waagen zusammenpassen. Sie geht (deswegen) nicht darauf ein, dass die Waagenskala der analogen Waage eine 1g-genaue Gewichtsangabe gar nicht ermöglicht. Ihre Erläuterung „*Es wiegt ungefähr so viel*“ lässt sich derart interpretieren, dass die analoge Waage angegeben hat, dass der Marsriegel ungefähr 50 Gramm und damit natürlich auch ungefähr 54 Gramm wiegt, sie weist jedoch nicht auf die nicht ausreichend unterteilte Skala hin. Es mag sein, dass ihr dieser Zusammenhang intuitiv bewusst ist; sie ist jedoch nicht in der Lage, ihn zu verbalisieren.

### Briefwaage<sup>63</sup>

(Int. 2.2, 01:56-04:10)

737 (A legt die Fruchtschnitte auf die Waagschale der Briefwaage.)

738 A: *Die wiegt ungefähr 100g. (4 Sek.) Die wiegt 100g.*

739 I: *Wirklich 100g? Also ziemlich genau, oder?*

740 A: *Ja. Eigentlich <ziemlich genau.>*

741 I: *<Woran erkennst du> das denn?*

742 A: *Weil da hier die Hundert steht. Und der (..) dieser Strich auf der Hundert ist.*

743 I: *<Mhm>*

744 A: *<Bei dem Strich.>*

745 I: *Von wo muss man denn auf so eine Waage drauf gucken, damit man es am genauesten ablesen kann?*

746 A (lehnt sich etwas zurück): *Von so etwas weiter hinten.*

747 I: *Was passiert denn, wenn du näher dran gehst und von weiter oben guckst?*

748 A: *Dann geht das, dann denkt man immer, dass das schwerer wird.*

749 I: *Was würde denn passieren, wenn du von weiter unten gucken würdest?*

750 A (liest die Skala von schräg oben ab): *Dann würde das 200g wiegen.*

751 I: *Ja, und wenn du jetzt von weiter unten guckst?*

752 A (geht mit ihren Augen ein bisschen unter Zeigerhöhe): *Dann würde das wieder weniger wiegen. 60 (..) Gramm.*

753 I: *Was glaubst du denn, wo, wie du drauf gucken musst, damit's am genauesten ist?*

754 A: *So ganz gerade. (A setzt sich gerade, jedoch nicht in Augenhöhe zur Skala vor die Waage.)*

755 I: *Dann versuch das doch mal zu machen, ganz gerade.*

756 A setzt sich weiter von der Waage weg, senkt die Augenhöhe nicht ab.

757 I: *Genau mit deinen Augen hier drauf gucken, dass du mit den Augen in einer Höhe bist.*

758 A: *Mmh. (4 Sek.) So ungefähr (..) und da ist dann Hundert.*

759 I: *Schau mal, dass du mit dem Kopf genau in der Höhe bist.*

760 A (geht mit den Augen auf Zeigerhöhe.): *'N bisschen weniger als Hundert. (..) Aber nicht sehr viel.*

761 I: *Wie viel ist es denn weniger als Hundert?*

---

63 Bei der Briefwaage handelt es sich um eine analoge Briefwaage mit einer senkrechten Skala, so dass man von der Seite statt von oben auf die Skala guckt. Die Augen müssen also mit dem Zeiger in einer Waagerechten sein, orthogonal zur Skala.

- 762 (4 Sek.)  
 763 A: *Mmh. Drei kleine Striche. (.) Also das kann man schlecht sagen, weil hier ja noch sechzig ist und da gleich Hundert.*  
 764 I: *Mhm. (.) Wie viel zählt denn dann jeder Strich?*  
 765 A: *(..) Eigentlich zehn. (..) Das wären dann (.) ungefähr (.) Das wären dann achtzig Gramm.*  
 766 I: *Mhm. (..) Also ungefähr achtzig Gramm.*  
 767 A: *Ja.*  
 768 I: *Oder ungefähr hundert Gramm? Was <denkst du, was richtig ist?>*  
 769 A: *<Achtzig. Ungefähr achtzig> Gramm. (..) Glaub ich.*  
 770 I: *Weil am Anfang hast du ja hundert Gramm gesagt.*  
 771 A: *Ja, da hab ich nicht direkt draufgeguckt.*

Auch hier wird deutlich, dass Anja das Erkennen von Waagenskalen keine Probleme bereitet. Im **zweiten** Interview fällt es ihr jedoch schwer, die Gewichtsangabe korrekt abzulesen, da bei der ihr vorliegenden Waage der Blickwinkel auf die Skala große Auswirkungen auf die abgelesene Gewichtsangabe hat. Je nach Winkel vergrößert oder verkleinert sich die Gewichtsangabe erheblich. Diese Tatsache verbalisiert sie selbst, weiß aber nicht – vermutlich aufgrund mangelnder Erfahrung –, welcher Winkel angemessen ist (Z. 745ff.).

- (Int. 3.2, 03:25-04:57)  
 772 I: *Kann man denn mit einer Briefwaage (..) auch einen Marsriegel auswiegen?*  
 773 A: *Ja, kann man auch. Man legt ihn (legt den Marsriegel auf die Waagschale) einfach hier oben (..) drauf. (A geht mit ihrem Kopf auf Höhe der Skala.) Aber hier wiegt er irgendwie mehr. (A nimmt den Marsriegel wieder kurz von der Waagschale herunter und legt ihn wieder drauf, dabei beobachtet sie die Skala.) Hier wiegt er irgendwie 60 Gramm.*  
 774 I: *Woran erkennst du das? Wie liest man das da ab?*  
 775 A: *Da sind auch wieder so kleine Striche (..) Und dann steht da erst ehm von Null bis Fünfzig ist das groß und dann fängst. Mit sechzig wird das dann nur noch in Hunderterschritten gemessen.*  
 776 I: *Und wieso bist du grad so 'n bisschen weiter weg gegangen und hast dich gebückt, um das abzulesen?*  
 777 A: *Weil man muss eigentlich immer mit Augenhöhe (zeigt von ihren Augen zur Skala) da drauf gucken.*  
 778 (5 Sek.)  
 779 I: *Und was hast du jetzt abgelesen?*  
 780 A: *So ungefähr 60 Gramm.*  
 781 I: *Versuch doch mal in Augenhöhe 'n bisschen näher dran zu gehen. Geht das auch?*  
 782 (A bewegt ihre Augen näher an die Skala.)  
 783 A: *Dann wiegt der irgendwie (..) 58 Gramm. Aber das stimmt nicht mit der Digitalen überein.*  
 784 I: *Woran kann das denn liegen?*  
 785 A: *Vielleicht weil die auch etwas älter ist (...) Und weil die auch eigentlich für Briefe gedacht ist und nicht für ehm so Abwiegen.*  
 786 I: *Und da meinst du, da muss, da ist sie dann vielleicht auch nicht so genau für den Marsriegel?*  
 787 A: *Ja.*

Die Sequenz aus dem **dritten** Interview legt nahe, dass Anja sich die Situation aus dem zweiten Interview gemerkt hat, denn diesmal begibt sie sich mit ihren Augen sofort in Höhe des Zeigers, um das Gewicht abzulesen (Z. 773). Erleichtert wird das Ablesen dadurch, dass sie das Gewicht des Marsriegels schon aus einer vorangegangenen Wägung kennt (anders als im zweiten Interview). Die von ihr abgelesene Gewichtsangabe weicht von der der digitalen Küchenwaage ab. Anders als in dem oben erwähnten Beispiel mit der analogen Küchenwaage (s.S. 152) stellt das ein Problem für sie dar (Z. 783). Des-

wegen führt sie als ihr denkbar erscheinende Erklärungen das Alter sowie den eigentlichen Einsatzzweck der Briefwaage an (Z. 785). Das Altersargument lässt sich derart deuten, dass sie denkt, je älter eine Waage ist, sie desto ungenauer ist, weil neue Technologie genauer ist oder die Funktion wegen Materialalterung nachlässt. Ihre zweite Erklärung (Einsatzzweck) verwundert, da sie weiß, dass die Funktionsfähigkeit einer Waage nicht an ihren Bestimmungskontext gebunden ist (s.S. 144ff.), so lange das Gewicht des auszuwiegenden Gegenstandes innerhalb der Gewichtsskala liegt. Dieser Erklärungsansatz müsste deswegen eigentlich zu einem inneren Konflikt führen, da er einem ihrer anderen Konzepte widerspricht. Sie ignoriert ihn aber, was damit zusammenhängen kann, dass sonst das Ursprungsproblem nicht gelöst wäre.

### **Zusammenfassung**

Die aufgeführten Beispiele zeigen deutlich, dass Anja über ein Konzept zum Wiegen mit verschiedenen Waagen verfügt, das von ihr mit großer Sicherheit aktiviert wird. So sind die Nullstellung in der Waagenanzeige vor dem Beginn eines Wägevorgangs sowie die Fähigkeit, sich die Unterschiedlichkeiten von Waagenskalen erarbeiten zu können, feste Bestandteile ihres Konzepts. Dabei kommt es ihr zugute, dass sie über ein sicheres Zahlraumkonzept verfügt, das ihr insbesondere das Erschließen verschiedener Skalen ermöglicht. Außerdem ist festzuhalten, dass ihre Sicherheit im Umgang mit Waagen im Laufe der Interviews deutlich zunimmt. So ist sie im dritten Interview in der Lage, parallel zur Wägung ihre Handlung im Sinne einer Präsentation zu kommentieren (vgl. Tafelwaage). Dies ist darauf zurückzuführen, dass ihr Konzept im Umgang mit den unterschiedlichen Waagen derart gefestigt ist, dass die Prozedur durch die Erläuterungen nicht gestört, sondern für den Interviewer ergänzt wird.

Während sie im ersten Interview im Rahmen der simulierten alltagsnahen Backsituation beim Einsatz der analogen Küchenwaage die Tara-Funktion nutzt, setzt sie im dritten Interview in der entsprechenden Situation mit der digitalen Küchenwaage diese Funktion nicht ein, sondern addiert die Einzelmengen. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass in ihrem Konzept für die digitale Küchenwaage der Einsatz der Tara-Funktion zwar vor Beginn der Wägung kennt, nicht aber während des Wägevorgangs.

### **2.2.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“**

#### ***Konzept: Stützpunktwissen***

Im ersten Interview hatte Anja gezeigt, dass sie Stützpunktwissen sowohl für ein Kilogramm (Hanteln) als auch 500 Gramm (Packung Nudeln) gespeichert hat, die sie jedoch nicht selbständig aktiviert (S. 117). Auch im zweiten und dritten Interview gibt es Beispiele für Stützpunktwissen.



So gibt sie im **zweiten** Interview – wie der folgende Ausschnitt belegt – an, dass Päckchen zwei Kilogramm wiegen dürfen und erklärt, dass demnach „*genau die Hälfte*“ eines Päckchens ein Kilogramm wiegt (Z. 789):

(Int. 2.1, 19:37-20:08)

- 788 I: *Kennst du irgendwas, was ein Kilogramm wiegt?*  
 789 A: *Hmm. (5 Sek.) Also es gibt manche Päckchen, die darf man immer bis zwei Kilogramm füllen und wenn man genau die Hälfte nimmt.*  
 790 I: *Mhm.*  
 791 A: *(..) Dann, ehm, ist es ein Kilogramm.*  
 792 I: *Ja.*  
 793 A: *Also manche Äpfel werden auch in Packungen ein Kilogramm verkauft. (...) Sonst weiß ich nichts.*

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Löffel: *Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand und in eine weitere Tüte 1g Sand.* Zusätzlich wird das Kind gefragt: **Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt?** und **Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?**

Bei diesem Beispiel handelt es sich jedoch eher um das abrufbare Wissen, dass Päckchen ein Höchstgewicht von zwei Kilogramm haben dürfen, und weniger um ein abrufbares Stützpunktwissen für ein Kilogramm, um das Gewicht eines vorliegenden Gegenstands damit in Zusammenhang bringen zu können. Daneben erläutert sie, dass Apfelpackungen ein Kilogramm wiegen (können) (Z. 793). Später führt sie auch eine Mehlpackung als Stützpunktwissen für ein Kilogramm an (Z. 797):

(Ausschnitt aus Int. 2.2, 10:58-27:27)

- 794 **Mehl:** (A hebt die Mehlpackung hoch.)  
 795 A: *Nen Kilogramm.*  
 796 I: *Wieso schätzt du ein Kilogramm?*  
 797 A: *Weil das hatten wir auch im Unterricht. Dass die meistens ein Kilogramm wiegen.*

Erstmals nimmt Anja explizit Bezug auf die unterrichtliche Behandlung der Größe Gewicht; interessanterweise in einem Kontext, in dem der Unterricht abrufbares Faktenwissen vermittelt hat.

Folgende Ausschnitte aus dem **dritten** Interview zeigen, welches Stützpunktwissen Anja zu diesem Zeitpunkt anführt:

(Int. 3.1, 14:28-14:41)

- 798 I: *Wieso glaubst du, dass das ungefähr ein Kilogramm Sand ist?*  
 799 A: *Wir haben so Hanteln mit einem Kilogramm. ???*  
 800 I: *Kennst du noch etwas anderes, das ungefähr 1kg wiegt?*  
 801 A: *Mehl oder Zucker wird in einem Kilogramm abgefüllt.*

(Ausschnitt aus Int. 3.2, 07:28-14:30)

- 802 **Packung Nudeln:** (A hält die Nudeln in der Hand und betrachtet die Verpackung.)  
 803 A: *Die ist entweder 500 (.) Ich glaub, die ist 500 Gramm. Weil die meisten, weil die meisten Nudelpackungen werden in 500 Gramm abge (.) ehm verkauft.*

Hier finden sich als Stützpunktwissen für ein Kilogramm: Hanteln, Mehl- und Zuckerpackungen. Für 500 Gramm nennt sie nach wie vor Nudelpackungen.

## Zusammenfassung

Wie im ersten Interview nennt sie auch im dritten Interview Hanteln und Nudelpackung als Stützpunktwissen, nicht aber im zweiten Interview. Dies lässt sich darauf zurückfüh-

ren, dass im Rahmen der Unterrichtseinheit (s. Kap. B 4) andere Gewichtsbeispiele im Vordergrund standen, so dass sie eher auf diese zurückgreift. Hierbei fällt das von ihr genannte Gewicht eines Päckchens auf, das kein geeignetes Stützpunktwissen für ein Kilogramm ist. Zum einen beträgt die Höchstgrenze für Päckchen, die Anja auch selbst nennt, zwei Kilogramm und nicht ein Kilogramm, zum anderen handelt es sich nicht um ein Fixgewicht, sondern um eine Gewichtsgrenze, so dass es in jedem Fall schwer fällt, sich hierauf in Form von Stützpunktwissen (auch für zwei Kilogramm) zu beziehen.

Im dritten Interview vernetzt sie ihr vorunterrichtliches Wissen (Hanteln und Nudelpackungsgewicht) mit dem im Unterricht erworbenen (Mehl- und Zuckerpackungen) und bringt Beispiele aus beiden Lernhintergründen.

Die Stützpunktvorstellungen für das Gewicht der Hanteln und Nudelpackung haben sich über den Interviewzeitraum tiefer verankert, so dass es ihr im dritten Interview gelingt, diese spontaner zu aktivieren, als dies noch zum Zeitpunkt des ersten Interviews der Fall war. Dies zeigt sich daran, dass sie anders als im ersten Interview im dritten Interview beim Schätzauftrag für eine Nudelpackung direkt auf dieses Wissen zurückgreift und es anwendet, während sie im ersten Interview zunächst eine niedrigere Schätzung abgab und erst später das Wissen aus dem entsprechenden Konzept aktivierte. Auf das Hantelgewicht bezieht sie sich im dritten Interview, als sie dazu aufgefordert ist, ein Kilogramm Sand abzufüllen.

Das Konzept *Stützpunktwissen* hat sich um die genannten Beispiele erweitert, und ihr Umgang damit hat sich über den Zeitraum insofern verändert, als dass sie selbstverständlicher in der Lage ist, das Wissen anzuwenden. Man kann sagen, dass sich ihre Konzepte mit dem Stützpunktwissen stärker etabliert haben. Der Rückbezug auf den Unterricht wird in diesem Konzept so deutlich wie in keinem anderen Konzept. Dies deutet darauf hin, dass die Wissensvermittlung im Rahmen des Unterrichts einen hohen Stellenwert hatte.

### **Konzept: Schätzen**

Im ersten Interview hat sich gezeigt, dass Anja über ein Konzept des Schätzens verfügt (S. 118). Für Anja beinhaltet das, die Gegenstände in die Hand zu nehmen, um dadurch das Gewicht wahrnehmen zu können. Bei ihren Schätzangaben versuchte sie, das Gewicht der Gegenstände in einen Größenbereich einzuordnen: in mehreren Fällen gab sie eine Gewichtsspanne an, deren oberes Ende sie als obere Schranke verstand. Es fiel ihr schwer, sich auf eine Schätzung festzulegen. Dies lässt sich so deuten, dass sich hierin ein Konflikt in ihrem Konzept zeigt: sie will vermeiden, ein falsches Gewicht anzugeben, obwohl das beim Schätzen „normal“ ist. Oft setzte sie manuelle Gewichtsvergleiche ein, um Gewichte abzuschätzen.

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, bei denen es das Gewicht sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: **Schätze, wie schwer ... ist! Und Wiege aus, wie schwer ... ist!**

Dabei gelang es ihr nicht immer, den gefühlten Gewichtsunterschied in ihre Schätzung mit einzubeziehen.

Es folgen die Interviewsequenzen zum Schätzvorgang aus dem **zweiten** und **dritten** Interview.

- (Int 2.2, 10:58-27:27)
- 804 **Banane:** (Anja nimmt die Banane in die Hand.)
- 805 A: *Ungefähr zehn Gramm, glaub ich.*
- 806 I: *Was hast du dir denn überlegt?*
- 807 A: *Weil wir hatten 'ne Werkstatt. Und da konnten wir auch (.) mal gucken und bei, also was ganz wenig wiegt und da gab's auch eine Werkstatt, da gab's zehn Gramm. (..) Ungefähr so viel wiegt die auch.*
- 808 (Sie notiert 10g.)
- 809 **CD:** (Sie vergleicht die CD paarweise manuell mit der Banane, hält dabei in der Hand mit der CD auch den Stift.)
- 810 A: *So zwanzig Gramm.*
- 811 (Sie notiert 20g.)
- 812 **Mehl:** (A hebt die Mehlpackung hoch.)
- 813 A: *Nen Kilogramm.*
- 814 I: *Wieso schätzt du ein Kilogramm?*
- 815 A: *Weil das hatten wir auch im Unterricht. Dass die meistens ein Kilogramm wiegen.*
- 816 (Sie notiert 1kg.)
- 817 **Zahnbürste:** (A. vergleicht Zahnbürste und Banane paarweise manuell.)
- 818 A: *5g. (..) Weil irgendwie, weil das [die Banane] ist schwerer. (..) Ungefähr doppelt so schwer, meine ich.*
- 819 (Sie notiert 5g.)
- 820 **Weingummitüte:** (A. prüft zunächst das Gewicht der Weingummitüte einzeln, dann vergleicht sie Mehl und Weingummi paarweise manuell, dann CD und Weingummi.)
- 821 A: *Ich glaub auch 20g. (...) Weil die ungefähr so viel wiegt wie die [CD].*
- 822 (Sie notiert 20g.)
- 823 **Schraube:** (Nachdem sie das Gewicht der Schraube einzeln geprüft hat, vergleicht sie Schraube und Zahnbürste miteinander.)
- 824 A: *Ungefähr sieben Gramm oder sechs Gramm.*
- 825 I: *Was hast du dir dazu überlegt?*
- 826 A: *Mmh, weil das [Schraube] ist etwas schwerer als das [Zahnbürste] hier. (...) Also die Schraube ist etwas schwerer als die Zahnbürste.*
- 827 (Sie notiert 6g.)
- 828 **Birne:** (A prüft zunächst das Gewicht der Birne einzeln und vergleicht dann Schraube und Birne, dann Mehl und Birne, dann Weingummi und Birne, dann CD und Birne miteinander.)
- 829 A: *Ich glaub, diese Birne alleine ist 100g.*
- 830 I: *Wie bist du darauf gekommen?*
- 831 A: *Weil das ist viel leichter als das Mehl, aber auch viel schwerer als die CD. Dann glaubt man, dass das 100 sind.*
- 832 (Sie notiert 100g und bestimmt das Gewicht der Birne mit der digitalen Küchenwaage: 200g)
- 833 **Packung Reis:** (Sie prüft zunächst das Gewicht der Reispackung, dann vergleicht sie die Reispackung mit der Birne, danach mit dem Mehl)
- 834 A: *Ich glaube, die wiegt auch ein Kilogramm.*
- 835 (Sie notiert 1kg. Digitale Waage : 1055g)
- 836 **Fußball:** (A prüft wieder zunächst das Gewicht einzeln, dann führt sie paarweise Vergleiche mit dem Reis und der Birne durch.)
- 837 A: *Ich glaub 200g.*
- 838 I: *Genauso schwer wie die Birne?*
- 839 A (nickt): *Mhm.*
- 840 (Sie notiert 200g. Digitale Waage: 434g)
- 841 **Spiel:** (A prüft wieder zunächst das Gewicht einzeln, dann paarweiser Vergleich mit dem Reis, dem Fußball und dem Mehl.)

- 842 A: *Also das [Mehl] hier ist schwerer als das Spiel und das [der Fußball] ist leichter.*  
 843 I: *Mhm.*  
 844 (A guckt auf ihre notierten Schätzwerte (4 Sek.)  
 845 A: *Dann glaub ich mal so 600g.*  
 846 (Sie notiert 600g. Digitale Waage: 622g)  
 847 **Sack Äpfel:** (Sie vergleicht den Apfelsack mit dem Mehl.)  
 848 A: *Ungefähr 1 Kilogramm.*  
 849 I: *Eher mehr oder eher weniger?*  
 850 (A vergleicht sie noch einmal die Äpfel mit dem Mehl.)  
 851 A: *'N bisschen mehr. (.) Glaub ich. (4 Sek.) 1kg und 100g, oder so.*  
 852 (Sie notiert 1100g.)  
  
 (Int. 3.2, 07:28-14:30)  
 853 **Birne:** I: Was schätzt du denn, wie schwer ist diese Birne?  
 854 (Anja prüft das Gewicht der Birne mit den Händen – 12 Sek.)  
 855 A: *20g.*  
 856 I: *Mhm. (..) Was hast du dir dazu überlegt?*  
 857 A: *Ja, weil ehm mehrere Birnen also manchmal, einmal war das so bei uns, da wogen zehn Birnen 200g, deswegen glaub ich, dass eine 20g ungefähr wiegt.*  
 858 (Sie notiert 20g.)  
 859 **Zahnbürste:**  
 860 I: *Wie schwer schätzt du die Zahnbürste?*  
 861 (A prüft das Gewicht der Zahnbürste zunächst einzeln und vergleicht es dann auch mit dem Gewicht der Birne – 10 Sek.)  
 862 A: *5g, ungefähr.*  
 863 (Sie notiert 5g.)  
 864 (A wiegt die Zahnbürste mit der digitalen Waage aus: 10g.)  
 865 I: *Wenn du jetzt weißt, dass die zehn Gramm wiegt, ne (..), glaubst du dann immer noch, dass die Birne 20g wiegt?*  
 866 (A vergleicht noch einmal paarweise manuell Birne und Zahnbürste miteinander.)  
 867 A: *Nee, 50.*  
 868 **Weingummitüte:** (A prüft das Gewicht der Weingummitüte manuell. Dabei wendet sie die Tüte hin und her.)  
 869 A: *100 Gramm. (.) Weil 'ne Tafel Schokolade wiegt ja auch 100 Gramm und ja das wiegt irgendwie so viel, wie 'ne Tafel Schokolade wiegt.*  
 870 (Sie notiert 100g.)  
 871 **Zucker:** (A schiebt das Paket Zucker an die Seite, hebt es dabei kaum hoch.)  
 872 A: *Ein Kilogramm, weil ehm Zucker und Mehl wird immer in einem Kilogramm abgefüllt.*  
 873 (Sie notiert 1kg.)  
 874 **TT-Ball:** (Sie prüft das Gewicht des Tischtennisballs zunächst einzeln und vergleicht es dann mit dem Gewicht der Zahnbürste.)  
 875 A: *2 Gramm, mehr nicht.*  
 876 (Sie notiert dann jedoch 10g. Beim Notieren stutzt sie.)  
 877 I: *Was hast du jetzt hingeschrieben?*  
 878 A: *Erst 10 Gramm. Aber die [Zahnbürste] hier wiegt ja wirklich 10 Gramm (.) und der ist ja viel kleiner. (.) Und leichter, deswegen wiegt der irgendwie 5 Gramm oder so.*  
 879 **Packung Nudeln:** (A hält die Nudeln in der Hand und betrachtet die Verpackung.)  
 880 A: *Die ist entweder 500 (.) Ich glaub, die ist 500 Gramm. Weil die meisten, weil die meisten Nudelpackungen werden in 500 Gramm abge (.) ehm verkauft.*  
 881 (Sie notiert 500g.)  
 882 **Apfel:** (A vergleicht den Apfel sofort paarweise manuell mit der Birne.)  
 883 A: *30 Gramm ungefähr.*  
 884 (Sie notiert 30g. Dann wiegt sie den Apfel mit der digitalen Waage (188g) und notiert 188g.)  
 885 A: *Dann wiegt die Birne aber mehr.*  
 886 I: *Was würdest du denn jetzt schätzen, wie viel die Birne wiegt.*  
 887 A: *(..) 250 Gramm.*  
 888 **Toast:** (A prüft das Gewicht der Toastpackung zunächst einzeln und vergleicht sie dann zuerst mit der Nudelpackung und anschließend mit der Birne.)

889 A: *Ich glaube, auch so ungefähr 250 Gramm.*

890 (Sie notiert 250g.)

Im **zweiten** und **dritten** Interview behält Anja es bei, die Gegenstände für den Schätzvorgang in die Hand zu nehmen und dadurch das Gewicht aktiv wahrnehmen zu können (s. u.a. Z. 804, 820, 823, 854, 868).

Bei einer Schätzung beruft sie sich auf eine Stützpunktvorstellung: Die Schätzangabe für das Gewicht der Banane im **zweiten** Interview führt sie auf einen intern durchgeführten Vergleich mit einem Zehn-Gramm-Gewichtsstein zurück (vgl. Z. 807). Sie führt also eine Stützpunktvorstellung an und beruft sich hierbei auf im Unterricht Gelerntes (vgl. Konzept *Stützpunktwissen*, S. 157).

In anderen Fällen ruft sie Stützpunktwissen ab: Im **dritten** Interview führt sie als Erklärung für die Schätzangabe der Birne (20 Gramm) ein Stützpunktwissen an, demzufolge eine Packung mit zehn Birnen 200 Gramm Gesamtgewicht besitzt (vgl. Z. 857).

Außerdem hat sie zuverlässig gespeichert, dass Mehl und Zucker ein Kilogramm (Z. 815, 872) sowie Nudeln 500 Gramm (vgl. Z. 880) wiegen und kann dieses Wissen spontan abrufen. Im Gegensatz zum ersten Interview gelingt es ihr, Konzepte mit Stützpunktwissen zu aktivieren und dadurch in geeigneten Situationen einzusetzen. Diese Vernetzung von Schätzsituation und Stützpunktkonzept scheint etabliert, da sie hierauf, wie die Beispiele zeigen, häufig zurückgreift. Teilweise entspricht das aktivierte Wissen oder die aktivierte Vorstellung nicht der Realität. Dies führt dazu, dass auch die Schätzungen weit entfernt vom tatsächlichen Gewicht liegen.

Daneben setzt sie sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview den paarweisen manuellen Vergleich der Gegenstände ein, in beiden Interviews im Gegensatz zum ersten Interview sofort aus eigener Initiative. Auch hier fällt eine Zweiteilung auf. In einigen Fällen führen Vergleiche zu einer guten Schätzangabe für den vorliegenden Gegenstand, so zum Beispiel im zweiten Interview bei der Schätzung für das Gewicht einer Packung Reis (vgl. Z. 833f.): Als Vergleichsgegenstände für die Reispackung wählt sie eine Birne und eine Packung Mehl und gelangt hierbei zu dem Schluss, dass Mehl- und Reispackung gewichtsidentisch sind (was stimmt)<sup>64</sup>.

Weiterhin gibt es Gegenstände, bei denen es ihr schwer fällt, den gefühlten Gewichtsunterschied einzuschätzen; teilweise entscheidet sie sich beim Gewichtsvergleich – wie im ersten Interview auch schon – für eine falsche Schwerer-Leichter-Relation. Im **zweiten** Interview vergleicht sie z.B. eine CD-Hülle (tatsächlich 100g) mit einer Weingummitüte (tatsächlich 250g) und kommt zu dem Ergebnis, dass beide Gegenstände gleich schwer sind (vgl. Z. 821), obwohl die Weingummitüte tatsächlich mehr als doppelt so schwer wie die CD ist. Das Ergebnis verwundert insofern, als die Gewichts Differenz in diesen

64 Ganz stimmt es natürlich nicht. Wenn man eine Mehlpäckung als Repräsentant für 1kg nennt, weiß man, dass die Packung ein paar Gramm schwerer ist. Ob die Reispackung also exakt so schwer ist, ist fraglich. Hier zeigt sich, dass das Stützpunktwissen, das vermeintlich harte Fakten beinhaltet, auch nicht ganz exakt ist.

Gewichtsgrößen von 150 Gramm wahrnehmbar sein müsste. Auch ihr Ergebnis des manuellen Vergleichs von Schraube und Zahnbürste überrascht: sie gibt an, dass die Schraube schwerer ist als die Zahnbürste (Z. 826). Ähnlich überraschend ist im **dritten** Interview das Ergebnis des Vergleichs von Toastpackung versus Nudelpackung und Birne. Hier entscheidet sie, dass die Toastpackung so schwer ist wie die Birne und damit halb so schwer wie die Nudelpackung (vgl. Z. 888f.), obwohl Nudel- und Toastpackung gleich schwer sind (500g). Offenbar ist der manuelle Gewichtsvergleich für Anja zum Teil wenig hilfreich. Das generelle Problem beim manuellen Gewichtsvergleich ist, dass nicht nur unterschiedliche Gewichtskräfte wirken, sondern Gegenstände aufgrund unterschiedlicher Form und Dichte unterschiedlichen Druck auf die Hände ausüben, der mit dem Gewicht verwechselt werden kann.

Im ersten Interview macht Anja für jeden Gegenstand mehrere Schätzangaben. Dies findet sich im **zweiten** und **dritten** Interview nicht mehr. Hier macht sie jeweils immer nur eine Schätzangabe für jeden Gegenstand. Ihr ganzes Vorgehen wirkt dabei sicherer. Im ersten Interview machte sie oft zunächst eine Schätzung nach dem einzelnen Gewichtsprüfen und anschließend eine weitere nach einem paarweisen Vergleich. Im **zweiten** und **dritten** Interview führt sie zunächst einzelne und paarweise manuelle Kontrollen des Gegenstandes durch und gibt dann eine Schätzung ab, die sie nicht noch einmal korrigiert.

Betrachtet man die Schätzangaben im **zweiten** und **dritten** Interview, so fallen ihre Schätzungen im Bereich bis 10 Gramm auf: Die für den Tischtennisball, die Zahnbürste sowie die Schraube sind alle als gut zu werten, da sie sich nah am Realgewicht befinden. Dagegen sind z.B. die Schätzungen für die Banane und die CD im zweiten Interview sowie für die Weingummitüte, die Birne und den Apfel im dritten Interview weit entfernt vom Realgewicht. In diesen Fällen verschätzt sie sich extrem nach unten. Bezogen hierauf lassen sich ihre Schätzungen im Bereich bis zehn Gramm auch anders interpretieren: Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview beginnt die Schätzsituation mit einem Obststück (Banane bzw. Birne), bei dem sie sich mit den Angaben 10 Gramm bzw. 20 Gramm jeweils sehr stark nach unten verschätzt. Durch diesen Einstieg ist sie gezwungen, für die „wirklich“ leichten Gegenstände noch niedrigere Schätzungen abzugeben, um die Schwerer-Leichter-Relationen beibehalten zu können.

Beim Abfüllen der Sandmengen in Aufgabe 2.1 im ersten Interview führt sie weder manuelle noch visuelle Vergleiche zwischen den Mengen durch. Sie füllt für die 1g-Sandmenge 104g Sand und für die 1kg-Menge 476g ab, kann also ihr Wissen über das Verhältnis 1:1000 nicht umsetzen. Im Folgenden sind die entsprechenden Ausschnitte aus dem **zweiten** und **dritten** Interview zitiert.

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Esslöffel: *Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand und in eine weitere Tüte 1g Sand.*

- (Int. 2.1, 16:34-21:52)
- 891 I: *Fülle mir in die Tüte ein Gramm Sand.*
- 892 (A füllt etwas (< 1 Löffel) Sand in die Tüte, kontrolliert das Gewicht durch Hochheben, nimmt etwas Sand heraus, kontrolliert noch einmal und nimmt noch einmal etwas Sand heraus. Sie hat 16g Sand abgefüllt<sup>65</sup>.)
- 893 I: *Und hier rein füll mir bitte 1kg Sand.*
- 894 (A füllt den Sand löffelweise in die Tüte, dabei kontrolliert sie das Gewicht mehrmals zwischendurch durch Hochheben der Tüte, außerdem prüft sie die Menge visuell, zwischendurch geht ihr Blick zu der Tüte mit der 1g-Sandmenge. Sie hat 692g Sand abgefüllt.)
- 895 I: *Kannst du hier rein noch 500 Gramm Sand füllen?*
- 896 (A kontrolliert auch beim Abfüllen der 500g-Menge das Gewicht mehrfach zwischendurch durch Hochheben der Tüte. Außerdem führt sie einen paarweisen manuellen Vergleich mit der 1kg-Sandmenge durch.)
- 897 I: *Was hast du gerade verglichen.*
- 898 A: *Ja, weil das ja halb, das hier [500g-Sandmenge] muss halb so schwer sein wie dieses [1kg-Sandmenge].*
- 899 I: *Mhm.*
- 900 A: *Weil ja 500 Gramm die Hälfte von einem Kilogramm ist.*
- 901 (Nachdem A dies erklärt hat, füllt sie weiteren Sand in die 500g-Sandtüte. Sie führt einen abschließenden paarweisen manuellen Vergleich mit der 1kg-Sandmenge durch. Sie hat 496g Sand abgefüllt.)

- (Int. 3.1, 11:24-14:35)
- 902 (A beginnt mit der 1g-Sandmenge. Sie füllt etwas Sand in die Tüte, kontrolliert das Gewicht, fügt noch etwas Sand hinzu, kontrolliert das Gewicht ein weiteres Mal manuell und begutachtet die Menge auch visuell. Sie hat 26g Sand abgefüllt.)
- 903 I: *Wieso glaubst du, dass das ungefähr ein Gramm ist?*
- 904 A: *Weil das nicht so schwer ist.*
- 905 I: *Und ein Gramm ist nicht so schwer?*
- 906 A: *Nö.*
- 907 (Auch beim Abfüllen der 500g-Menge prüft sie während des Abfüllprozesses das Gewicht der Sandtüte manuell und führt wieder abschließend eine visuelle Begutachtung der Menge durch. Sie hat 262g Sand abgefüllt.)
- 908 I: *Wieso glaubst du, dass das ungefähr 500g Sand sind?*
- 909 A: *Das wiegt nicht so viel, das wiegt nicht ganz wenig.*
- 910 (Das Vorgehen beim Abfüllen der 1kg-Menge verläuft analog zu den beiden vorigen Abfüllvorgängen. Hier hat sie 648g abgefüllt.)
- 911 I: *Wieso glaubst du, dass das ungefähr ein Kilogramm Sand ist?*
- 912 A: *Wir haben halt so Hanteln mit einem Kilogramm. ???*

In **beiden** Interviews kontrolliert Anja alle drei Sandmengen während des Abfüllprozesses durch manuelles Auswiegen und versucht außerdem, die Menge visuell abzuschätzen (vgl. Z. 892, 894, 896, 902, 907, 910). Im **zweiten** Interview führt sie beim Abfüllen der 500g-Menge zusätzlich einen paarweisen manuellen Vergleich mit der 1-kg-Menge durch, um zu kontrollieren, ob sich die eine Menge doppelt so schwer anfühlt wie die andere (Z. 896). Die von ihr als 500g-Menge abgefüllte Sandmenge ist mit 496 Gramm nahezu perfekt, verglichen mit allen anderen Schätzungen ist diese Präzision aber eher als Zufall zu werten. Im **dritten** Interview verzichtet sie auf manuelle Vergleiche und bezieht dadurch die Mengen nicht aufeinander. Im **dritten** Interview nimmt Anja für die 1kg-Menge Bezug auf ihr Stützpunktwissen „Hanteln“ (Z. 912) und beruft sich damit auf eine Stützpunktvorstellung.

65 Die abgefüllten Sandmengen wurden nach dem Interview durch den Interviewer ausgewogen.

Mit dem Gewicht ihrer abgefüllten Menge für ein Gramm liegt sie im **zweiten** und **dritten** Interview (16g bzw. 26g) näher am Echtgewicht als im ersten Interview (104g). Auch die Verhältnisse der 1g-Menge zur 1kg-Menge sind im zweiten (16:692) und dritten Interview (26:648) näher am tatsächlichen Verhältnis als im ersten Interview (104:476).

### Zusammenfassung

Anja behält es im zweiten und dritten Interview bei, die Gegenstände für das Schätzen in die Hand zu nehmen. Sie führt dabei eigeninitiativ paarweise manuelle Vergleiche durch. Hierbei gelingt es ihr jedoch – wie auch schon im ersten Interview – nicht immer, zu einer richtigen Schwerer-Leichter-Entscheidung zu gelangen, so dass entsprechend auch die an den Vergleich angelegte Schätzangabe weiter vom tatsächlichen Gewicht entfernt ist.

Im ersten Interview macht Anja für jeden Gegenstand mehrere Schätzangaben und nennt oftmals eine Gewichtsspanne, bei der sie die höhere Zahl als obere Grenze betont. Dies findet sich im zweiten und dritten Interview nicht mehr. Hier macht sie jeweils immer nur eine Schätzangabe für jeden Gegenstand. Ihr ganzes Vorgehen wirkt dabei sicherer. Im ersten Interview machte sie oft zunächst eine Schätzung nach dem einzelnen Gewichtsprüfen und anschließend eine weitere nach einem paarweisen Vergleich. Im zweiten und dritten Interview führt sie zunächst einzelne und paarweise manuelle Kontrollen des Gegenstandes durch und gibt erst dann eine Schätzung ab, die sie nicht noch einmal korrigiert.

Im zweiten und dritten Interview greift sie im Gegensatz zum ersten Interview beim Schätzen auf Stützpunktwissen zurück. Die Schätzungen, die sie für sehr leichte Gegenstände (bis 10 Gramm) macht, sind dicht am Echtgewicht. Bei anderen Gegenständen gibt es z.T. noch größere Abweichungen, die unterschiedliche Ursachen haben können und aufgrund der genannten Problematik schwer zu beurteilen sind.

Es zeigt sich, dass sie im zweiten und dritten Interview eine bessere Vorstellung von einem Gramm hat als noch im ersten Interview, da sie für das Zielgewicht 1g deutlich weniger Sand als noch im ersten Interview abfüllt und sich damit dem Echtgewicht annähert. Entsprechend hat sie eine bessere Vorstellung davon, was das Verhältnis 1:1000 bedeutet.

### Konzept: Stützpunktvorstellungen

Im ersten Interview hatte sich herausgestellt, dass Anja noch nicht über *Stützpunktvorstellungen* verfügt (S. 123). Zwar zeigte sich bei ihr ein Konzept für *Stützpunktwissen*, das diesem Konzept zugrunde liegt, dieses Wissen war jedoch noch nicht an Gewichtsvor-

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Löffel: *Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand und in eine weitere Tüte 1g Sand.*



stellungen gekoppelt. Im dritten Interview wendet Anja in Aufgabe 2.1 beim Abfüllen der 1kg-Menge über einen internen Vergleich ihre Stützpunktvorstellung für ein Kilogramm, den Hanteln (vgl. Z. 912, S. 163), an. Da es sich in diesem Zusammenhang um eine Schätzaufgabe handelt, bei der sie selbst die Menge des zu schätzenden Materials beeinflussen muss, aktiviert sie hier nicht einfach nur Stützpunktwissen, sondern wendet eine Stützpunktvorstellung an. Dies stellt eine Entwicklung in ihrem Gewichtskonzept dar, denn zum Zeitpunkt des ersten Interviews verfügte sie für Stützpunktvorstellungen noch über kein Konzept. Ihre Sandmenge differiert zwar mit 648 Gramm noch recht stark vom Zielgewicht (ein Kilogramm), aber allein die Tatsache, dass sie eine Stützpunktvorstellung aktiviert, ist als Entwicklung zu werten.

## 2.3 Zusammenfassende Konzeptbeschreibung

Anja zeigt im ersten Interview, dass sie über viele schon weit ausgebaute Konzepte verfügt. Dies führt dazu, dass wenig Entwicklung im Laufe des Interviewzeitraums ersichtlich ist.

### 2.3.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“

#### *Konzept: Gewichtsvergleich*

Bei Anja lassen sich drei verschiedene Konzepte zum Gewichtsvergleich identifizieren, auf die sie in den verschiedenen Situationen zurückgreift:

1. Sie führt einen **visuellen Vergleich** durch und reduziert dadurch den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich.

Sowohl bei Materialien, bei denen sie Dichtegleichheit annimmt, als auch bei verpackten Gegenständen basiert ihre Entscheidung auf einem Volumenvergleich. Dieses Vorgehen findet sich über den gesamten Interviewzeitraum, allerdings thematisiert sie zunehmend die Problematik, dass der Volumenvergleich nicht unbedingt erfolgreich ist, da das Gewicht des nicht sichtbaren Inhalts ausschlaggebend ist. Dadurch lässt sich im Verlauf der Interviews ein Bewusstsein dafür feststellen, dass die Größe der Verpackung nicht unbedingt eine Aussage über den Inhalt zulässt und damit auch nicht als Entscheidungsgrundlage geeignet ist. Trotzdem trifft Anja auch im dritten Interview weiterhin die Entscheidung auf der Grundlage des Volumenvergleichs, verbalisiert dabei jedoch die Problematik.

2. Sie führt einen **manuellen Vergleich** durch.

Während Anja im ersten Interview bei der Annahme von unterschiedlicher Dichte erfolgreich manuelle Gewichtsvergleiche einsetzt, findet sich dies so in den Folgeinterviews nicht wieder: Hier kombiniert sie den manuellen Vergleich mit

einem (i.d.R. nicht verbalisierten) Volumenvergleich und entscheidet sich oft zugunsten des visuellen Vergleichs. Dies kann damit zusammenhängen, dass in einigen Fällen die visuelle Wahrnehmung die taktile überlagert. In anderen Situationen entsteht der Eindruck, dass der manuelle Vergleiche ihr nicht weiterhilft und sie deswegen auf den visuellen Vergleich ausweicht. Diese Entwicklung der Zunahme visueller Vergleiche überrascht, nachdem Anja im ersten Interview den manuellen Vergleich erfolgreich eingesetzt hat.

3. Sie führt einen **mentalen Vergleich** gespeicherter Gewichtsvorstellungen durch. Über den gesamten Interviewzeitraum trifft Anja ihre Entscheidung bei ihr bekannten Gegenständen in der Regel, ohne einen manuellen Vergleich durchzuführen. Ihre Begründungen zeigen, dass sie in diesen Fällen erfolgreich auf Gewichtsvorstellungen über die vorliegenden Gegenstände zurückgreift.

**Konzept: Invarianz**

Anja zeigt in allen drei Interviews ein konstantes Invarianzverständnis, bei dem sich das Erkennen der Identität und der Kompensation identifizieren lassen. Eine Entwicklung ist nicht erkennbar, was darauf zurückzuführen ist, dass ihr Konzept bereits zum Zeitpunkt des ersten Interviews weit ausgebaut war.

**Konzept: Transitivität**

Anja zeigt in allen drei Interviews, dass sie über ein konstantes Transitivitätskonzept verfügt, indem sie die Transitivität sowohl anwenden als auch erklären kann.

### 2.3.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“

**Konzept: Einheiten**

Schon bei der Bearbeitung des schriftlichen Tests weiß Anja, welche Einheit bei einem vorliegenden Gegenstand und einer vorgegebenen Maßzahl die Gewichtsangabe sinnvoll ergänzt. Außerdem verwendet sie die Einheiten Gramm, Kilogramm und Tonne. Dieses Wissen bestätigt sich in den Interviews:

1. Sie weiß, dass eine Gewichtsangabe aus einer Maßzahl und einer Einheit besteht.
2. Sie weiß, dass die Einheiten Gramm und Kilogramm in Beziehung zueinander stehen und bringt schon im ersten Interview die Zahl 1000 hiermit in Verbindung. Im zweiten Interview gibt Anja den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm über die Differenz an; im dritten Interview über das Vielfache.

Die einzige Entwicklung, die in Bezug auf ihr Wissen über Einheiten feststellbar ist, besteht in der Präzisierung der Beziehung der Einheiten Gramm und Kilogramm zueinander.

### ***Konzept: Umgang mit Maßangaben***

Anja zeigt in allen drei Interviews, dass sie über ein sicheres Zahl-Konzept verfügt. Dies führt dazu, dass ihr der Umgang mit Maßangaben ebenfalls keine Probleme bereitet. Eine Entwicklung ist nicht sichtbar.

## **2.3.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“**

### ***Konzept: Wiegen als Vergleichsvorgang***

Anja weiß in allen drei Interviews, dass es sich beim Auswiegen um ein Vergleichen mit dem Ziel des Gleichgewichts handelt, indem sie demonstriert, wie man mithilfe der Tafelwaage das Gewicht eines Gegenstandes bestimmt. Während sie im ersten und zweiten Interview bei dem demonstrierten Wägevorgang auf das ihr bekannte Wissen für den vorliegenden Gegenstand zurückgreift, führt sie im dritten Interview eine iterative Wägung durch, um sich dem Gleichgewicht zu nähern. Weil sie dieses Vorgehen inszeniert und bewusst auf den Rückgriff auf das ihr bekannte Gewicht verzichtet, ist dieses Vorgehen nicht als Rückschritt, sondern als Weiterentwicklung zu werten.

### ***Konzept: Waagen***

Im ersten Interview gibt Anja zunächst an, dass ihr die Personenwaage sowie die analoge Küchenwaage bekannt sind, zeigt aber im weiteren Interviewverlauf, dass sie auch über Wissen über die Tafelwaage verfügt. Außerdem ist ihr bewusst, dass jede Waage nur für Gegenstände bestimmter Gewichtsklassen geeignet ist und dass sich ihre Eignung für einen Einsatzzweck letztlich nur daran orientiert.

Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview gibt Anja an, alle vorliegenden Waagen zu kennen – Personenwaage, analoge und digitale Küchenwaage, Briefwaage sowie Tafelwaage – und kann ihren jeweiligen Einsatzzweck benennen. Beim Umgang mit den Waagen bei der Gewichtsbestimmung von Gegenständen (s.u.) wendet sie dieses Wissen an. Es zeigt sich, dass sie die Angabe der digitalen Waage für genauer hält als die der anderen Waagen, was vermutlich damit zusammenhängt, dass diese Waage eine abzulesende Zahl als Gewicht angibt, der Interpretationsspielraum anderer Skalen entfällt.

Auch hier ist kaum Entwicklung zu beobachten, allenfalls dahingehend, dass sie sich ihres Wissens zu Waagen zunehmend bewusst ist.

### **Konzept: Wiegen**

Anja ist in allen drei Interviews in der Lage, auch mit ihr unbekannten Waagen eine Wägung durchzuführen. Während sie sich im ersten Interview die Skala einer analogen Küchenwaage mit Hilfe des Interviewers erarbeitet, ist sie in den Folgeinterviews in der Lage, sich diese selbständig zu erarbeiten. Außerdem zeigt sie in allen drei Interviews, dass ihr die Tara-Funktion bekannt ist, indem sie sie einsetzt.

Da Anja bereits zum Zeitpunkt des ersten Interviews mit den verschiedenen Waagen erfolgreich Messungen durchführt, ist keine deutliche Entwicklung feststellbar, abgesehen von der zunehmenden Sicherheit in der Interpretation der Waagenskalen.

## **2.3.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“**

### **Konzept: Stützpunktwissen**

Bereits im ersten Interview zeigt Anja, dass sie über Stützpunktwissen verfügt (1kg: Hanteln, 500 Gramm: Nudelpackung). Hierbei handelt es sich jedoch noch nicht um selbstverständlich abrufbares Wissen. Dies zeigt sich daran, dass sie dieses Wissen nicht automatisch in geeigneten Situationen aktiviert, was auf die Speicherung innerhalb eines situativ verankerten SEBs hinweist: Konkret nach einem Stützpunktbeispiel für einen 500g-Gegenstand gefragt, nennt Anja eine Nudelpackung; als sie das Gewicht einer Nudelpackung schätzen soll, aktiviert sie das vorher gezeigte Wissen nicht.

Während Anja im zweiten Interview andere Stützpunktbeispiele als noch im ersten Interview nennt (1kg: Mehlpackung, abgepackte Äpfel), führt sie im dritten Interview sowohl Beispiele aus dem ersten als auch aus dem zweiten Interview an. Die Erweiterung der von ihr gespeicherten Stützpunktbeispiele lässt sich auf unterrichtlichen Einfluss zurückführen. Dies wird daran deutlich, dass sie sich im Rahmen des zweiten Interviews explizit auf den Unterricht beruft. Es fällt auf, dass sie im zweiten Interview jedoch nur die neu gelernten Beispiele nennt; im dritten Interview zeigt sie, dass sie das neu angelegte Wissen mit ihrem vorherigen Wissen vernetzt hat, indem sie sowohl alte wie neue Beispiele nennt. Die Stützpunktvorstellungen für das Gewicht der Hanteln und Nudelpackung haben sich über den Interviewzeitraum tiefer verankert, so dass es ihr im dritten Interview gelingt, diese spontaner zu aktivieren, als dies noch zum Zeitpunkt des ersten Interviews der Fall war. Dies zeigt sich daran, dass sie anders als im ersten Interview im dritten Interview u.a. beim Schätzauftrag für eine Nudelpackung direkt auf ihr Stützpunktwissen zurückgreift und es anwendet, während sie im ersten Interview zunächst eine niedrigere Schätzung abgab und erst später das Wissen aus dem entsprechenden Konzept aktivierte.

Das Konzept *Stützpunktwissen* hat sich um die genannten Beispiele erweitert, und ihr Umgang damit hat sich über den Zeitraum insofern verändert, als dass sie selbstverständlicher in der Lage ist, das Wissen anzuwenden. Man kann sagen, dass sich ihre

Konzepte mit dem Stützpunktwissen stärker etabliert haben. Der Rückbezug auf den Unterricht wird in diesem Konzept so deutlich wie in keinem anderen Konzept. Dies deutet darauf hin, dass die Wissensvermittlung im Rahmen des Unterrichts einen hohen Stellenwert hatte.

### ***Konzept: Schätzen***

Anja zeigt in allen drei Interviews das gleiche Vorgehen, um eine Schätzangabe machen zu können: Sie prüft das Gewicht der zu schätzenden Gegenstände manuell und vergleicht sie anschließend paarweise manuell untereinander (wobei das paarweise Vergleichen im ersten Interview durch den Interviewer initiiert ist, im zweiten und dritten Interview dagegen eigeninitiativ durchgeführt wird). Dabei zeigt sich jedoch, dass die paarweisen manuellen Vergleiche nicht immer zu einer richtigen Entscheidung bezüglich der Schwerer-Leichter-Relation führen. Weil sie ihre anschließende Schätzangabe jedoch an dem Ergebnis des manuellen Gewichtsvergleichs orientiert, ist ihre Schätzung entsprechend weiter vom tatsächlichen Gewicht entfernt ist.

Während sie im ersten Interview für jeden Gegenstand mehrere Gewichtsangaben, zum Teil auch eine Gewichtsspanne, nennt, bei der sie die obere Schranke betont, gibt sie sowohl im zweiten als auch im dritten Interview nur eine Schätzung für jeden Gegenstand ab. Dies kann damit zusammenhängen, dass sie im Unterricht gelernt hat, sich auf eine Schätzangabe festzulegen. Da der Schätzprozess jedoch immer eine Ungenauigkeit beinhaltet, war ihr ursprüngliches Vorgehen mit der Angabe einer oberen Grenze nicht weniger gut. Insgesamt hat sie im Schätzprozess an Sicherheit gewonnen.

### ***Konzept: Stützpunktvorstellungen***

In allen drei Interviews finden sich Situationen, in denen Anja Gewichtsvorstellungen über Gegenstände in Entscheidungsprozesse mit einbezieht. Diese Vorstellungen sind jedoch in den ersten beiden Interviews nicht mit ihrem Stützpunktwissen vernetzt, so dass sie über keine offensichtlichen Stützpunktvorstellungen verfügt, auf die sie zurückgreifen könnte. Im dritten Interview beruft sie sich beim Abfüllen einer 1kg-Sandmenge auf das ihr bekannte Gewicht von Hanteln (1kg) als Vergleichsgröße – hier nutzt sie eine Stützpunktvorstellung. Dies ist als Entwicklung innerhalb des Konzepts zu werten, stellt aber auch im dritten Interview einen Einzelfall dar.

### 3 Manuels Gewichtskonzept

#### 3.1 Konzepte zum Zeitpunkt des ersten Interviews

Manuel<sup>66</sup> ist zum Zeitpunkt des ersten Interviews neun Jahre und vier Monate alt. Seinen Lehrerinnen zufolge gilt er als leistungsschwacher Schüler, der viel Zeit benötigt, um sich neue Inhalte zu erarbeiten. Die Bearbeitung arithmetischer Aufgaben fällt ihm schwer. Im Unterricht arbeitet er langsam mit und lässt sich leicht ablenken. Im schriftlichen Test zeigt sich, dass ihm auch die Bearbeitung von Aufgaben zur Größe Gewicht schwer fällt<sup>67</sup>. Sein Vorwissen in diesem Bereich ist dem schriftlichen Test zufolge als eher gering einzuschätzen.

##### 3.1.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“

###### **Konzept: Gewichtsvergleich**

Manuel aktiviert in Situationen, in denen er zu einem Gewichtsvergleich aufgefordert ist, unterschiedliche Konzepte. Dabei führt er einen manuellen Gewichtsvergleich nur selten durch; in der Regel trifft er seine Entscheidungen auf der Grundlage einer der beiden folgenden Punkte:

1. Er führt einen **visuellen Vergleich** durch und reduziert dadurch den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich.
2. Er führt einen **mental**en Vergleich gespeicherter Vorstellungen durch.

Die Aktivierung des jeweiligen Konzepts wird zum Teil dadurch gesteuert, dass Manuel durch ein Vorgängerkind über Informationen zu den Interviewaufgaben verfügt, was sich unter anderem in dem folgenden Ausschnitt zeigt:

- (Int. 1.1, 00:03-00:21)
- 913 I: *Welches Paket ist schwerer?*
- 914 M (guckt zwischen den Paketen hin und her): (4 Sek.) *Das kleine.*
- 915 I: *Warum das kleine?*
- 916 M: *Weil ich denk, dass da mehr drin ist als in dem großen. (..) Da (zeigt auf das größere Paket) können jetzt Taschentücher drin sein und da (zeigt auf das kleinere Paket) jetzt Kassetten.*

**Aufgabe 1.1a:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich große Gegenstände: Welche(s/r) Paket/Dose/Umzugskarton ist schwerer?

In der Sequenz schlägt Manuel genau den Paketinhalt vor, der auch in den Paketen enthalten ist (Z. 916). Über dieses Wissen kann er jedoch nur verfügen, weil er „informiert“ ist. Dies beeinflusst seine Handlungen auch in einigen anderen Aufgaben, so dass sich nicht sagen lässt, wie er reagiert hätte, wenn er innerhalb des Interviews generell unvoreingenommen mit den Aufgaben konfrontiert worden wäre.<sup>68</sup> Dennoch lassen sich Konzepte analysieren, die sein Wissen und seine Vorstellungen beschreiben.

---

<sup>66</sup> Name des Kindes geändert

<sup>67</sup> Manuels schriftlicher Test findet sich im Anhang.

Eine Komponente, die ihn in seinem Vorgehen beeinflusst, ist die Kenntnis der Lösung der ersten Aufgabe mit der Frage, welches der zwei vorliegenden Pakete das schwerere sei (s.o.). Sein Wissen, dass es sich (in diesem Fall) um das kleinere Paket handelt, hat Auswirkungen auf das folgende Interviewgeschehen. Dies zeigt sich darin, dass er sich in einer weiteren Situation (Aufg. 1.6a), in der er eine Aussage zur Gewichtsrelation treffen soll, wieder auf der Grundlage eines visuellen Vergleichs für den kleineren Gegenstand entscheidet:

- (Int. 1.1, 36:24-37:43)
- 917 I: (stellt zwei Klebstoff-Flaschen vor Manuel) *Hier sind zwei Kleberflaschen. (...) Welche ist schwerer?*
- 918 M: (..) *Die kleinere.*
- 919 I: *Kann man's von außen sehen?*
- 920 M: *Ich tipp' jetzt mal so.*
- 921 I: *Du musst nicht tippen. Wenn du es wissen möchtest, was musst du machen?*
- 922 M: *Mit der Hand wiegen* (vergleicht die Klebstoff-Flaschen mit der Handwaage). *Die ist schwerer* (hält die kleinere Klebstoff-Flasche höher), *weil da noch mehr drin ist und da nicht mehr so viel.*
- 923 I: (stellt die leichtere Flasche an die Seite und stellt dafür eine dritte Flasche neben die schwerere)
- 924 M: (5 Sek.) *Das kann ich jetzt nicht sehen. Von außen sagen.*
- 925 I: *Konntest du es gerade von außen sagen?*
- 926 M: (..) *Ja.*
- 927 I: *Du hast von außen richtig getippt, aber es hätte auch anders sein können.*
- 928 M: *Ich tipp <jetzt>*
- 929 I: *<Du musst> nicht tippen, du kannst sie einfach in die Hand nehmen.*
- 930 M: (vergleicht die beiden Klebstoff-Flaschen mit der Handwaage) *Die ist schwerer* (hält die neu hinzugekommene Flasche hoch).

**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere, im ersten Interview auch unterschiedlich große, im zweiten und dritten Interview gleich große Gegenstände. Der Interviewer schiebt die zwei schwereren Gegenstände direkt vor das Kind: *Was ist schwerer? Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält das Kind die Aufforderung, den leichteren Gegenstand mit dem dritten (noch leichteren) zu vergleichen: Welcher ist von diesen beiden schwerer?*

Manuel entscheidet sich, ohne das Gewicht der Flasche in irgendeiner Weise zu prüfen, für die kleinere Klebstoff-Flasche (Z. 918). Durch seine Wortwahl „*Ich tipp jetzt mal so*“ (Z. 920) verdeutlicht er jedoch, dass es sich nicht um Wissen handelt. Zum Zeitpunkt der Aufgabe sind schon über 35 Minuten des Interviews vergangen, in denen der manuelle Vergleich immer wieder eine Rolle gespielt hat. Trotzdem führt er ihn erst durch, nachdem er durch den Interviewer indirekt dazu aufgefordert wird (Z. 921).

Beim zweiten Vergleich äußert er, dass er es diesmal nicht „*von außen*“ (Z. 924) sehen kann. Diese Äußerung verdeutlicht, dass seine Aussage beim ersten Vergleich aus einem Volumenvergleich resultierte und somit nicht als Raten gewertet werden kann. Dass er in diesem Zusammenhang behauptet, dass er es beim ersten Vergleich von außen sehen konnte (Z. 925f.), hängt vermutlich damit zusammen, dass sein vorab abgegebener Tipp stimmte. Offen bleibt, warum er betont, dass er für diesen Vergleich keine Aussage auf visueller Grundlage treffen kann.

68 Dies hätte ein Grund sein können, der gegen die Auswahl von Manuel hätte sprechen können. Da sich andererseits jedoch viele interessante Konzepte identifizieren ließen, habe ich mich dennoch dafür entschieden, ihn im Rahmen der Einzelfallanalyse vorzustellen.

Das folgende Beispiel aus Aufgabe 1.2 zeigt eine Situation, in der Manuel einen manuellen Gewichtsvergleich durchführt, den er durch theoretische Überlegungen untermauert:

**Aufgabe 1.2:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Gegenstände; der Gewichtsunterschied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehmbar: Was ist schwerer?

- (Int. 1.1, 01:25-01:55)
- 931 (Vor Manuel liegen eine Kassette und eine Packung Taschentücher.)
- 932 M: (hebt die Taschentuchpackung hoch und wirft sie dabei auch ein wenig in die Luft) *Die Taschentücher sind halt leicht.*
- 933 I: *Warum?*
- 934 M: (nimmt in die andere Hand die Kassette und bewegt beide Hände auf und ab, während er spricht) *Und die Kassette ist ja schwerer als 'n Taschentuch (..) und auch als 'ne Packung. (...)*
- 935 I: *Wenn du so mit den Händen vergleichst?*
- 936 M: (betrachtet die beiden Gegenstände in seinen Händen) *Weil die, die kannst du auch so zusammendrücken (dabei drückt er mit der einen Hand die Taschentuchpackung zusammen), die werden ja dann so runtergedrückt (legt sie dann auf den Tisch und drückt drauf), damit das schwerer wird. Wenn das da so drauf liegt (legt die Kassette auf die Taschentuchpackung), dann wird das 'n bisschen runter gedrückt.*
- 937 I: *Mhm. Und wenn du sie so mit der Hand vergleichst?*
- 938 M: *Sind sie eigentlich beide gleich schwer.*

Manuel hat offensichtlich Gewichtsvorstellungen über die beiden Gegenstände. Er findet die Taschentuchpackung leicht (Z. 932) und führt an, dass die Kassette sowohl schwerer als ein einzelnes Taschentuch als auch schwerer als die ganze Packung sei (Z. 934). In der nun folgenden Begründung beruft er sich zunächst darauf, dass man die Taschentuchpackung zusammendrücken kann. Über dieses Zusammendrücken begründet er, dass hierdurch die Taschentuchpackung schwerer wird (Z. 936). Es bleibt unklar, aus welchem Grund er dies annimmt und mit welcher Konsequenz. Dies deutet möglicherweise auf ein mangelndes Invarianzverständnis hin (vgl. S. 175), oder er meint mit „das wird schwerer“ „die Dichte wird größer“. Auch seine darauf folgende Demonstration, in der er die Kassette auf die Taschentuchpackung legt, um zu zeigen, dass durch die Kassette die Taschentuchpackung zusammengedrückt wird, wirft Fragen auf. Hieraus kann man möglicherweise schließen, dass das von ihm aktivierte Konzept die Vorstellung beinhaltet, dass der schwerere Gegenstand den leichteren Gegenstand „zusammendrücken“ kann.

In diesem Ausschnitt finden sich also neben dem manuellen Vergleich, bei dem Manuel zu dem Ergebnis kommt, dass sich die beiden Gegenstände gleich schwer anfühlen (Z. 938), Passagen, die sich nur schwer interpretieren lassen, möglicherweise aber folgende Vorstellungen beinhalten:

1. Das Gewicht der Taschentuchpackung erhöht sich durch Kompression oder die Dichte der Taschentuchpackung erhöht sich durch Kompression.
2. Der schwerere Gegenstand ist dadurch identifizierbar, dass er den leichteren zusammendrücken kann.

Über all diese theoretischen Überlegungen stellt er letztlich seine manuelle Wahrnehmung, bei der er Gewichtsgleichheit feststellt.



Die Bearbeitung der Aufgabe 1.4 ist, wie auch der oben angesprochene Gewichtsvergleich aus Aufgabe 1.1a, davon beeinflusst, dass Manuell vorab darüber informiert war, dass er, um eine gewichtsidentische Kugel zu erhalten, eine größere Kugel als die Vergleichskugel kneten muss:

**Aufgabe 1.4:** Vor dem Kind liegen eine Knetkugel sowie Knetmasse: *Forme eine Kugel, die genauso schwer ist wie diese Kugel.*

- (Int. 1.2, 03:46-07:35)
- 939 I: *Ich habe zu Hause eine Kugel geknetet und habe dir auch Knete mitgebracht. Ich möchte, dass du eine Kugel knetest, die genauso schwer ist wie die andere Kugel.*
- 940 (M. beginnt zu kneten. Er knetet eine Kugel, die größer ist als die Vergleichskugel. Zwischendurch legt er seine Kugel neben die Vergleichskugel und vergleicht sie visuell miteinander. Dann knetet er weiter, bis er eine deutlich größere Kugel geknetet hat.)
- 941 M: *So. (..) Bin fertig.*
- 942 I: *Woher weißt du, dass deine Kugel so schwer ist wie meine?*
- 943 M: *(..) (zuckt mit den Schultern) Denk ich jetzt mal so.*
- 944 I: *Mhm. (5 Sek.) Also ich kann das so nicht entscheiden, ob die gleich schwer sind.*
- 945 M: *(5 Sek.) (betrachtet die beiden Kugeln) Ich glaub schon.*
- 946 I: *Mhm.*
- 947 M: *(zeigt auf seine Kugel) Weil das leichtere Knete ist.*
- 948 I: *Und das heißt, wenn das leichtere Knete ist?*
- 949 M: *Dass man. Das (zeigt auf die Vergleichskugel) kann dann schwerer sein. Wenn die (nimmt seine Kugel in die Hand) leichter ist, muss man die etwas größer machen, damit die gleich schwer sind.*
- 950 I: *Woher weißt du denn, dass das leichtere Knete ist?*
- 951 M: *Ach, hat mit einer gesagt.*
- 952 I: *Mhm. (..) Wie kannst du denn entscheiden, ob die gleich schwer sind?*
- 953 M: *Indem man sie mal auf die Waage legt. Wiegen.*
- 954 I: *Du könntest sie auf die Waage legen. Ich glaube aber, dass du es auch ein bisschen selber entscheiden kannst. Was müsstest du denn dafür machen. (Während der I. spricht, vergleicht M. die beiden Kugeln visuell, indem er sie von allen Seiten vergleichend betrachtet.)*
- 955 *(13 Sek.)*
- 956 I: *Kannst du denn von außen sagen, was schwerer oder leichter ist?*
- 957 M: *(schüttelt verneinend den Kopf).*
- 958 I: *Was müsstest du machen?*
- 959 M: *(..) Die (deutet auf seine Kugel) vielleicht 'n bisschen größer machen.*
- 960 I: *(4 Sek.) Was hast du denn gerade eben mit dem Paket gemacht, um zu gucken, ob es schwerer oder leichter ist?*
- 961 M: *Auf die Waage gelegt.*
- 962 I: *Haben wir die Pakete auf die Waage gelegt?*
- 963 M: *(schüttelt den Kopf) Mit der Hand (nimmt die beiden Kugeln vergleichend in die Hände). (7 Sek.) Die (Vergleichskugel) ist schwerer.*
- 964 I: *Die ist noch schwerer?*
- 965 M: *(nickt)*
- 966 I: *Ganz sicher?*
- 967 M: *(nickt) G a n z sicher.*

Der Interviewausschnitt zeigt, dass Manuel über die Information verfügt, dass er eine Kugel aus einer Knete mit einer geringeren Dichte formen soll (Z. 947, 951). Für ihn reicht die Information, dass er eine größere Kugel kneten muss, und obwohl er die Nachfrage, ob man sehen kann, welcher Gegenstand schwerer ist, verneint (Z. 957), vergleicht er die beiden Kugeln offensichtlich visuell miteinander (z.B. Z. 945, 954), um eine Aussage machen zu können. Die Information über die Dichteigenschaften der Knetmassen dominiert innerhalb seines aktivierten Konzepts so stark, dass er einen manuellen Vergleich der beiden Kugeln auch zum Abschluss seines Knetprozesses nicht in

Betracht zieht. Um einen manuellen Gewichtsvergleich herbeizuführen (der für das weitere Interviewgeschehen von Bedeutung ist), lenkt der Interviewer stark (Z. 960), was zeigt, dass dies für Manuel in dieser Situation keine naheliegende Handlung darstellt, um die Gewichtsgleichheit zu überprüfen. Manuels Äußerung in Zeile 949 zeigt, dass er weiß, dass er von dem Material mit der geringeren Dichte mehr benötigt als von dem Material mit der größeren Dichte, um Gewichtsgleichheit zu erzielen.

Der folgende Ausschnitt aus Aufgabe 2.5 stellt im gesamten ersten Interview die einzige Situation dar, in der Manuel eigeninitiativ manuelle Kontrollen durchführt:

**Aufgabe 2.5:** Vor dem Kind liegen Materialien mit offensichtlich unterschiedlicher Dichte. Das eine Material ist bereits in einer gewissen Menge abgefüllt, von dem anderen Material steht eine große Menge zur Verfügung. Das Kind ist aufgefordert, von dem zweiten Material so viel abzufüllen, dass die beiden Materialmengen gleich schwer sind.

(Int. 1.2, 34:39-35:58)

968 I: *Hier ist eine Tüte mit Nudeln.* (M. hebt die Nudeltüte hoch.)  
(4 Sek.) *Fülle bitte in diese Tüte so viel Sand, dass die Tüte genauso schwer ist wie die Tüte Nudeln.*

969 M: (legt die Nudeltüte an die Seite und beginnt abzufüllen)  
*Mhm.* (zwischen durch vergleicht er die beiden Tüten paarweise manuell miteinander und füllt daraufhin noch mehr Sand in die Tüte. Abschließend führt er keinen paarweisen Vergleich mehr durch, hebt die Sandtüte aber noch einmal einzeln hoch, stellt sie auf den Tisch und stellt dann die Nudeltüte daneben) *So viel, tipp ich mal.*

970 I: *Wieso tippst du so viel?*

971 M: *Weil der Sand etwas schwerer sind als 'n biss. Als eine Nudel.*

972 I: *Mhm.*

973 M: *Ich glaub, dass ist so ???* (während er spricht, vergleicht er die beiden Tüten miteinander).

974 I: (...) *Fühlt sich ungefähr gleich schwer an?*

975 M: *Nö, nicht ganz. (.) Aber fast. (..)*

976 I: *Damit es so schwer ist wie die Nudeln, müsste es sich dann gleich schwer anfühlen oder nicht?*

977 M: (..) (verneinend) *Mhm.*

978 I: *Warum <muss es>*

979 M: *<Weil Sand etwas> schwerer ist als eine Nudel.*

Bevor Manuel anfängt, Sand abzufüllen, prüft er das Gewicht der Nudeltüte (Z. 968). Dann beginnt er mit dem Abfüllen; währenddessen vergleicht er die beiden Tüten paarweise manuell. In dieser Situation aktiviert er ein Konzept, das die manuelle Kontrolle des Gewichts beinhaltet, und führt dementsprechend auch manuelle Vergleiche der beiden Tüten durch, um das Gewicht der Tüten miteinander abzugleichen. Dass er abschließend die beiden Tüten nicht noch einmal paarweise miteinander vergleicht, kann damit zusammenhängen, dass er durch die manuelle Gewichtsprüfung der Nudeltüte vor und während des Abfüllprozesses eine interne Gewichtsvorstellung in sein aktiviertes Konzept integriert hat, die er beim abschließenden Hochheben der Sandtüte nutzen kann.

Mit der Formulierung in Zeile 971 will er vermutlich ausdrücken, dass Sand eine höhere Dichte hat als Nudeln, was impliziert, dass er über ein Dichtekonzept verfügt. Er weiß demnach, dass unterschiedliche Materialien eine unterschiedliche Dichte haben. Er führt zwar den Volumenunterschied nicht explizit an, bezieht sich jedoch in seiner Begründung auf den vorangegangenen Ausdruck „so viel“, der die Sandmenge meinte, und

zieht damit den Dichteunterschied als Begründung dafür heran, wieso die beiden Tüten nicht volumengleich gefüllt sind. Sein Konzept beinhaltet die Vorstellung, dass aus höherer Dichte geringeres Volumen bei gleichem Gewicht resultiert. Dieses Verständnis zeigt sich auch in Zeile 949. Zeile 976f. spricht dafür, dass ihm bewusst ist, dass verschiedene gleich schwere Gegenstände bei unterschiedlicher Dichte sich unterschiedlich schwer anfühlen können bzw. ein unterschiedliches Druckgefühl haben, weshalb ein manueller Gewichtsvergleich immer von subjektivem Empfinden geleitet wird.

### **Zusammenfassung: Gewichtsvergleich**

Manuel zeigt ein unterschiedliches Vorgehen in Situationen, in denen ein Gewichtsvergleich gefragt ist. Den manuellen Vergleich führt er weiterhin nur selten eigeninitiativ durch. Dabei stellt für ihn ein gefühlter Gewichtsunterschied nicht immer das entscheidende Kriterium dar. So äußert er in einer Aufgabe, dass sich die beiden Gegenstände nicht gleich schwer anfühlen müssen, um gleich schwer zu sein. Diese Erklärung kann ein Hinweis darauf sein, dass ihm bewusst ist, dass sich gleich schwere Gegenstände aus verschiedenen Materialien aufgrund ihres Dichteunterschieds unterschiedlich schwer anfühlen können und dass diese subjektive Wahrnehmung die Entscheidung beeinflusst.

Bei Verpackungsgegenständen setzt er den visuellen Vergleich ein und entscheidet sich für den kleineren Gegenstand. Dies ist vermutlich durch seine Kenntnis über die Lösung der ersten Aufgabe provoziert und führt im Rahmen des Interviews dazu, dass er in dem von ihm aktivierten Konzept diese Tatsache verallgemeinert hat. Inwieweit er dieses Vorgehen in Alltagssituationen einsetzt, lässt sich nicht sagen.

Bei ihm bekannten Gegenständen, bei denen er über Gewichtsvorstellungen verfügt (Taschentuchpackung), bezieht er diese Vorstellungen in den Entscheidungsprozess mit ein.

Den manuellen Vergleich setzt er in einer Aufgabe ein, in der er zu einem aktiven Abfüllprozess aufgefordert ist. Hierbei zeigt sich, dass er die unterschiedliche Dichte der Materialien berücksichtigt, was belegt, dass er über ein Dichtekonzept verfügt: Er kennt die Dichte als spezifische Eigenschaft eines Objekts und zieht folgerichtige Schlüsse auf das Verhältnis der Materialmengen.

Es fällt auf, dass er in den Fällen, in denen er seine Entscheidung nicht auf manueller Grundlage getroffen hat, in der Regel versucht, seine Entscheidungen bezüglich der Gewichtsrelationen zu begründen, indem er über mehr Inhalt oder unterschiedliche Dichte argumentiert.

### **Konzept: Invarianz**

Manuel verfügt nicht über ein stabiles Invarianzkonzept. Er hat ein Konzept aufgebaut, das das Prinzip der Invarianz beinhaltet, dieses Konzept wird jedoch neben anderen, dem Invarianzkonzept widersprechenden Konzepten aktiviert.

Der folgende Ausschnitt aus Aufgabe 1.5 belegt die Aktivierung verschiedener Konzepte im Zusammenhang mit der Invarianz.

**Aufgabe 1.5:** Vor dem Kind liegen die beiden gleich schweren Kugeln (Rollen) aus der vorangegangenen Aufgabe (1.4). Der Interviewer verformt vor den Augen des Kindes die „Kinderkugel“ zu einer flachen Platte (bzw. die „Kinderrolle“ zu einer Kugel): *Was ist schwerer: die Kugel bzw. Rolle oder die Platte bzw. alle kleinen Kugeln zusammen?* Anschließend wird die vorab entstandene flache Platte (bzw. Kugel) durch den Interviewer in kleine Einzelteile zerlegt: *Was ist schwerer?*

- (Int. 1.1, 22:53-27:57)
- 980 I: (nimmt Manuels Kugel) *Jetzt nehme ich mal deine schöne Kugel und mache sie platt* (formt die Kugel zu einer Platte und legt Platte und Vergleichskugel vor Manuel) *Was ist schwerer?*
- 981 M: (..) *Die* (zeigt auf die Vergleichskugel).
- 982 I: *Warum?*
- 983 M: *Weil die noch so rund ist* (malt über die Vergleichskugel Kreise in die Luft). *Aber ich glaub, dass die* (zeigt auf die Platte) *genauso schwer ist.*
- 984 I: *Was jetzt? Genauso schwer oder ist die Kugel schwerer?*
- 985 M: *Gleich schwer.*
- 986 I: *Warum?*
- 987 M: *Weil die* (gestikuliert über der Platte) *vorher. Vorher war die Kugel ja größer. Da war sie ja gleich schwer. Und jetzt ist ja immer noch die Knete da drin. Also könnte sie noch gleich schwer sein.* (..) (nimmt Platte und Vergleichskugel vergleichend in die Hände) (5 Sek.) *Die [Vergleichskugel] ist schwerer.* (4 Sek.) (legt Platte und Vergleichskugel auf die Waagschalen, wartet, bis sich die Waage austariert hat) *Meine [Platte] ist 'n bisschen schwerer.*
- 988 I: (..) *Guck's dir noch mal an.*
- 989 M: (6 Sek.) *Sind sie [die Metallfahnen] gleich.*
- 990 I: (..) *Wundert dich das?*
- 991 M: *Nö.*
- 992 I: *Warum nicht?*
- 993 M: *Weil die [Platte] ja vorher groß war, du hast sie ja nur platt gedrückt. (..) Das ist ja immer noch die gleiche Knete drin.*
- 994 I: *Also muss sie immer noch gleich schwer sein.* (M. nickt.) *Wann verändert sich denn das Gewicht?*
- 995 M: *Wenn man jetzt davon* (zeigt auf die Knetplatte) *'n bisschen mehr abnimmt.*
- 996 I: *Oder (..) Es würde sich verändern, wenn man was wegnimmt oder*
- 997 M: *Wenn man sie ganz platt macht.*
- 998 I: *Wenn man sie ganz platt macht, verändert sich das Gewicht auch?*
- 999 M: (nickt)
- 1000 I: (drückt die Knetplatte noch flacher) *Was passiert denn, wenn man die immer platter macht?*
- 1001 M: *Ehm dann wird die Knete immer kleiner, (..) innen drin. Also die Kugel, die wird dann immer platter. (..) Verliert dann auch ihr Gewicht.*
- 1002 I: (gibt Manuel die nochmal flachere Platte, der vergleicht sie paarweise manuell mit der Vergleichskugel)
- 1003 M: *Die weiße [Vergleichskugel] ist jetzt schwerer als die [Platte].* (legt Platte und Vergleichskugel auf die Waagschalen, wartet bis sich die Waage austariert hat) *Deine [die Kugel] ist 'n bisschen schwerer.*
- 1004 I: *Bist du dir ganz sicher?*
- 1005 M: (nickt)
- 1006 I: *Also ich würd' sagen, dass das genauso aussieht wie gerade eben.*
- 1007 M: (betrachtet noch einmal die Metallfahnen) *Nein, da hat sich schon was verändert.*
- 1008 I: *Wann verändert sich denn was am Gewicht?*
- 1009 M: *Wenn man sie platt macht. Dann verliert die Knete ihr Gewicht. Weil sie dann zerdrückt wird.*
- 1010 I: *Du hast gerade eben Gewicht verändert, indem du was gemacht hast mit deiner Kugel.*
- 1011 M: *Weil ich was dazu getan hab.*
- 1012 I: *Da wurde sie*
- 1013 M: *größer*

- 1014 I: *Schwerer* (M. nickt.), *und größer auch. Wenn sie leichter werden sollte, was hast du dann gemacht?*  
 1015 M: *Etwas mehr Knete abgenommen.*  
 1016 I: *Mhm. Hab ich davon etwas gemacht gerade?*  
 1017 M: *Nein.*

Manuel vertritt zunächst die Meinung, dass die Vergleichskugel schwerer sei als die Knetplatte (Z. 983). Als er jedoch ansetzt, dies zu begründen, aktiviert er das Konzept, das die Invarianz beinhaltet (Z. 983, 987). Er erklärt die Gewichtsgleichheit über die Materialmengen-Gleichheit, wobei in der von ihm gewählten Formulierung „*also könnte sie noch gleich schwer sein*“ (Z. 987) die Möglichkeit offen gehalten wird, dass es auch anders sein könnte. Beim anschließenden manuellen Vergleich lässt er sich durch das unterschiedliche Druckgefühl, das die beiden Knetmassen durch die unterschiedliche Dichte und Grundfläche haben, beeinflussen und fühlt sich in seiner ersten Vermutung bestätigt, die Vergleichskugel sei schwerer (Z. 987). Er schließt einen Gewichtsvergleich mit der Tafelwaage an, um den Konflikt zu lösen. Beim zweiten Ableseversuch entscheidet er, dass die Waage im Gleichgewicht stehe, wodurch wieder das Invarianzkonzept verstärkt aktiviert wird, so dass er über die Identität die Gewichtsgleichheit begründet (Z. 993).

Die Frage, wodurch sich das Gewicht verändern lässt, beantwortet er mit der Möglichkeit der Materialreduktion (Z. 995) sowie mit der des weiteren „Plattmachens“ der Knete (Z. 997). Der erste Fall ist mit dem Invarianzkonzept kompatibel, der zweite Fall dagegen widerspricht dem Invarianzkonzept. Das gleichzeitige Benennen beider Möglichkeiten führt bei Manuel jedoch nicht zu einem offensichtlichen Konflikt. In Zeile 1001 erklärt er, dass die Knete durch das Zusammendrücken kleiner wird und dadurch an Gewicht verliert. Das in diesem Moment aktivierte Konzept führt dazu, dass er das Ergebnis der Tafelwaage entsprechend interpretiert, indem er einen minimalen Unterschied der Metallfahnen als Evidenz für den Gewichtsunterschied wertet<sup>69</sup>. Dieses Konzept ist auch in Zeile 1009 noch aktiv. Der Interviewer lenkt in den folgenden Zeilen das Gespräch stark in die Richtung, dass er versucht, mit Manuel zu reflektieren, welche eigenen Aktionen dieser durchgeführt hat, um das Gewicht der Knetkugel zu verändern. Zum Zeitpunkt seiner eigenen Knetaktion hat Manuel nicht versucht, durch einfaches „Plattmachen“ der Knetmasse das Gewicht zu verändern. Während des aktiven Knetprozesses war demnach das Invarianzkonzept aktiviert. Aber selbst diese durch den Interviewer gesteuerte Thematisierung führt nicht dazu, dass Manuel das Konzept deaktiviert, in dem die Vorstellung verankert ist, dass eine Veränderung der Form auch Auswirkungen auf das Gewicht hat.

Im weiteren Interviewverlauf (weiterhin Aufgabe 1.5) aktiviert Manuel ein weiteres Konzept, das dem Invarianzkonzept widerspricht:

<sup>69</sup> Die Stellung der Metallfahnen bei Tafelwaagen gibt oft nicht eindeutig die Gleichheit an.

(Int. 1.1, 29:25-29:42)

- 1018 I: *Aber eigentlich verändert sich das Gewicht, wenn man etwas dazu tut oder wegnimmt. Das haben wir auch gar nicht gemacht.*  
1019 M: (4 Sek.) *Wir haben dazugetan, weil dann die Platte größer wurde, wenn man sie zerdrückt.*  
1020 I: *Aber haben wir denn Knete dazugetan?*  
1021 M: (verneinend) *Mhm.*

Im Gegensatz zum vorherigen Ausschnitt, in dem Manuel die Ansicht vertrat, dass durch das Verformen der Kugel zu einer Platte diese an Gewicht verliert, vertritt er jetzt die Meinung vertritt, dass die Platte größer wurde, weil Knete hinzugefügt worden sei (Z. 1019) (Nichterkennen der Kompensation). Dieses nun aktivierte Konzept widerspricht sowohl der von ihm beobachtbaren Aktion des Interviewers, der vor Manuels Augen die Knetkugel zu einer Platte zerdrückte und offensichtlich keine Knete hinzufügte, als auch der von ihm ursprünglich erkannten Invarianz (Z. 983).

Wie oben dargestellt (vgl. S. 172) wird im folgenden Ausschnitt nicht ganz deutlich, welche Vorstellung Manuel mit dem Zusammendrücken eines Gegenstandes verbindet. Die Vorstellung, dass sich durch das Zusammendrücken eines Gegenstandes sein Gewicht verändert, findet sich möglicherweise auch hier:

**Aufgabe 1.2:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Gegenstände; der Gewichtsunterschied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehmbar: Was ist schwerer?

(Int. 1.1, 01:25-01:55 – identischer Ausschnitt wie Z. 931-938, S. 172)

- 1022 (Vor Manuel liegen eine Kassette und eine Packung Taschentücher.)  
1023 M: (hebt die Taschentuchpackung hoch und wirft sie dabei auch ein wenig in die Luft) *Die Taschentücher sind halt leicht.*  
1024 I: *Warum?*  
1025 M: (nimmt in die andere Hand die Kassette und bewegt beide Hände auf und ab, während er spricht) *Und die Kassette ist ja schwerer als 'n Taschentuch (..) und auch als 'ne Packung. (...)*  
1026 I: *Wenn du so mit den Händen vergleichst?*  
1027 M: (betrachtet die beiden Gegenstände in seinen Händen) *Weil die, die kannst du auch so zusammendrücken (dabei drückt er mit der einen Hand die Taschentuchpackung zusammen), die werden ja dann so runtergedrückt (legt sie dann auf den Tisch und drückt drauf), damit das schwerer wird. Wenn das da so drauf liegt (legt die Kassette auf die Taschentuchpackung), dann wird das 'n bisschen runter gedrückt.*  
1028 I: *Mhm. Und wenn du sie so mit der Hand vergleichst?*  
1029 M: *Sind sie eigentlich beide gleich schwer.*

Manuel erklärt in dieser Situation, dass die Taschentuchpackung schwerer wird, wenn man sie zusammendrückt (Z. 1027). Dies lässt sich so deuten, dass er davon ausgeht, dass sich das Gewicht durch Zusammendrücken verändert, was ebenfalls darauf hinweist, dass sein Invarianzverständnis nicht stabil ist. Im Fall der Knetaufgabe ist er der Meinung, das Gewicht würde durch das Zusammendrücken abnehmen (Z. 1009), im Fall der Taschentuchpackung spricht er dagegen von Gewichtszunahme. Seine Schlussfolgerungen sind demnach nicht konsequent.

Manuels instabiles Invarianzverständnis bestätigt sich im Rahmen der Knetaufgabe (Aufgabe 1.5, s.o.) auch noch ein weiteres Mal, wie der folgende Ausschnitt zeigt:

(Int. 1.1, 31:44-34:28)

- 1030 I: *Ich nehm mir jetzt mal deine Kugel, die ja mittlerweile platt ist* (nimmt die Knetplatte in die Hand) *und mach daraus mal Einzelkugeln* (zerteilt die Knetplatte in einzelne kleinere Knetkugeln und legt die kleinen Knetkugeln sowie die Vergleichskugel vor Manuel) *Viele kleine Kugeln und eine große Kugel. Die alle zusammen* (umkreist mit dem Finger die kleinen Kugeln) *oder die eine große. Was ist schwerer?*
- 1031 M: (..) *Wenn man die kleinen (..) da* (zeigt auf die eine Waagschale) *drauf legt alle und die da* (zeigt auf die andere Waagschale) *dann wären die kleinen, (..) glaub ich, schwerer.*
- 1032 I: *Warum?*
- 1033 M: *Weil die ja alle zusammen eine ganz große Kugel waren.*
- 1034 I: *Mhm. Was war denn mit der ganz großen Kugel und der Vergleichskugel?*
- 1035 M: *Dass die dann gleich groß eh schwer waren.*
- 1036 I: *Mhm.*
- 1037 M: (14 Sek.) *Nee, die Kugel* (zeigt auf die Vergleichskugel) *ist jetzt schwerer und die jetzt leichter* (zeigt auf die kleinen Kugeln).
- 1038 I: *Warum?*
- 1039 M: *Weil die Kleinen ja nicht so viel wiegen wie die Große. ???*
- 1040 I: *Dafür sind es ja aber ganz viele.*
- 1041 M: *Sechs Stück.*
- 1042 I: *Und vorher waren die sechs Stück eine große Kugel, die genauso schwer war wie meine Kugel* (deutet auf die Vergleichskugel). (17 Sek.) *Was denkst du? Schwerer, leichter oder gleich schwer?*
- 1043 M: *Gleich schwer.*
- 1044 I: *Warum gleich schwer?*
- 1045 M: *Weil die Kugeln ja, wo die zusammen waren, gleich schwer sind und die kleinen, die sind ja jetzt kleiner, aber (..) die wiegen ja immer noch wie eine große, die ich gemacht hatte.*

Manuel führt innerhalb dieses Ausschnitt alle drei „möglichen“ Varianten an. Zunächst argumentiert er, dass die kleinen Kugeln zusammen schwerer sind als die Vergleichskugel. Dies führt er darauf zurück, dass die kleinen Kugeln aus der einen Knetkugel entstanden sind, die (wegen geringerer Dichte) größer war als die Vergleichskugel (Z. 1033). Er argumentiert hier über die Identität: weil die Ursprungskugel schwerer war (was nicht stimmt), sind die kleinen Kugeln zusammen auch schwerer. Dieser Erklärung liegt das Konzept zugrunde, dass die Knetkugel, weil sie größer war als die Vergleichskugel, eigentlich auch hätte schwerer sein müssen. Als der Interviewer dieses Konzept hinterfragt, fällt Manuel auf, dass die beiden Kugel gleich schwer waren, wobei sein Versprecher in Zeile 1035 noch einmal die enge Koppelung von Größe und Gewicht zeigt. Dieser Exkurs führt jedoch noch nicht dazu, dass Manuel das Konzept für Invarianz aktiviert, sondern er entscheidet, dass die kleinen Kugeln kleiner sind als die Vergleichskugel und aus diesem Grund leichter sind (Z. 1039). Dabei wird nicht deutlich, ob er meint, dass die kleinen Kugeln einzeln oder zusammen leichter sind. Diese Vorstellung passt in das bereits von ihm aktivierte Konzept, dass die größere Knetkugel auch eigentlich hätte schwerer sein müssen als die Vergleichskugel. Um auszuschließen, dass Manuel in diesem Moment den Gewichtsvergleich auf den *einer* der kleinen Kugeln mit der Vergleichskugel eingeschränkt hat, weist der Interviewer ihn darauf hin, dass es sich um die Summe aller Knetkugeln handelt und wiederholt in diesem Zusammenhang schließlich noch einmal die Aufgabenstellung. Hierbei greift er sehr stark in das Interviewgeschehen ein. Das führt dazu, dass Manuel in der Lage ist, das Invarianz-

konzept zu aktivieren und die Gewichtsgleichheit über die Identität zu erklären (Z. 1045). Ob Manuel dieses Konzept auch noch selbständig aktiviert hätte, bleibt offen.

### **Zusammenfassung: Invarianz**

Die Interviewsituationen zeigen, dass Manuel noch nicht in der Lage ist, sein Invarianzkonzept zuverlässig zu aktivieren. Daneben werden noch andere Konzepte aktiviert, die mit dem Invarianzkonzept konkurrieren: „Plattmachen erhöht das Gewicht“ sowie „Plattmachen verringert das Gewicht“. Dies führt dazu, dass er in seinen Entscheidungen und dazugehörigen Begründungen wechselt, wobei die Auslöser für die von ihm durchgeführten Wechsel in den aktivierten Konzepten unterschiedlich begründet sind. In der zuerst angeführten Situation hat Manuel den Eindruck, dass die ursprünglich erkannte Invarianz durch die Anzeige der Tafelwaage in Frage gestellt wird. Das führt dazu, dass er zur Erklärung des ihn irritierenden Wäageergebnisses andere Konzepte aktiviert, um dies erklären zu können. Diese schwankende Konzeptaktivierung zeigt, dass sich Manuel in einem Übergangsstadium III A nach PIAGET befindet, in dem die Invarianz noch nicht zuverlässig erkannt wird, es aber durchaus Situationen gibt, in denen sie erkennbar ist (vgl. Kap. A 4.1).

Es finden sich also Situationen, in denen er aufgrund von Unsicherheit unterschiedliche Konzepte aktiviert. Neben dem Invarianzkonzept findet sich ein Konzept, das die Vorstellung beinhaltet, dass eine Formveränderung des Gegenstandes Einfluss auf sein Gewicht nimmt (Nichterkennen der Kompensation), wobei er dieses Konzept sowohl für die Begründung heranzieht, dass der verformte Gegenstand aufgrund der Verformung schwerer wird, als auch dafür, dass er dadurch leichter wird. Interessant ist, dass er dieses Konzept zwar innerhalb seiner Gewichtsvergleichsbegründungen anführt, selbst während des Knetprozesses jedoch nicht aktiviert, sondern hier invarianzkonform das Gewicht der Knetkugel durch Hinzufügen bzw. Wegnehmen von Knetmasse verändert.

Seine Unsicherheit ist teilweise darauf zurückzuführen, dass er sich (wider besseren Wissens) beim Gewichtsvergleich (anderes Konzept) auf die Größe stützt und die Aktivierung dieses Konzeptes die Entscheidungen innerhalb des Invarianzkonzeptes beeinflusst. An dieser Stelle zeigt sich eine Vernetzung von Konzepten.

In den Fällen, in denen Manuel die Invarianz erkennt, begründet er diese über die Identität. Da er die Kompensation nicht erkennt, führt dies dazu, dass er dementsprechend auch die Invarianz zum Teil verneint.



**Konzept: Transitivität**

Manuel verfügt über ein Konzept, das die Transitivität der Schwerer-Relation beinhaltet. Der folgende Interviewausschnitt zeigt die Anwendung der Transitivitätsregel in Aufgabe 1.6a.

- (Int. 1.1, 37:44- 39:05)
- M. hat bei den zunächst vorgegebenen Vergleichen S, M und M, L mittels Handwaage richtig  $S > M$  und  $M > L$  festgestellt.
- 1046 I: (stellt alle drei Flaschen vor Manuel auf). *Alle drei Kleberflaschen. Sortier die bitte nach dem „am leichtesten“ [L], „mittel“ [M] und „schwer“ [S].*
- 1047 M: (stellt die drei Kleberflaschen nacheinander in der richtigen Reihenfolge auf und kommentiert dabei) *Am schwersten* (stellt die schwerste hin), *mittel* (nimmt die mittlere), *leicht* (zeigt auf die leichteste als letztes in die Reihe).
- 1048 I: *Woher weißt du das?*
- 1049 M: *Weil die ganz, also, ich glaub, dass die* (zeigt auf die schwerste) *voll ist, die halb* (zeigt auf die mittlere) *und die leer* (zeigt auf die leichteste).
- 1050 I: *Mhm. Du hast ja vorher kontrolliert, wie die [L+M; M+S] zueinander sind. Du hast aber nicht mehr kontrolliert, wie die [L+S] zueinander sind* (hebt dabei die schwerste und die leichteste hoch).
- 1051 M: *Das stimmt* (vergleicht die beiden Flaschen miteinander)
- 1052 I: *Ja, du kannst das jetzt noch mal kontrollieren, ob das stimmt. Aber du hast sie ja sofort so hingestellt.*
- 1053 M: *Die ist schwerer* (hält die schwerste höher).
- 1054 I: *Woher wusstest du das denn, bevor du sie angefasst hast?*
- 1055 M: *Die* (hebt die leichteste hoch), *die hab ich schon am Anfang gemerkt, dass die leichter ist und die schon schwerer ist.*
- 1056 I: *Du hast gemerkt, dass die [leichteste] leichter ist als die* (zeigt auf die mittlere Flasche)
- 1057 M: (nickt) *Mhm.*
- 1058 I: *Woher wusstest du denn dann, dass die* (zeigt auf die leichteste Flasche) *auch leichter ist als die* (zeigt auf die schwerste)?
- 1059 M: (zuckt mit den Schultern) *Hab ich mir einfach so im Kopf gedacht.*
- 1060 I: *Was hast du dir denn im Kopf gedacht?*
- 1061 M: *Wenn die zwei schon nicht gleich schwer sind* (hebt die beiden schwereren Flaschen vergleichend hoch), *dann können die zwei* (hebt die leichteste und die schwerste Flasche hoch) *auch nicht gleich schwer sein, weil die* (wedelt mit der leichtesten Flasche herum) *leichter ist.*

**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere Klebstoff-Flaschen. Der Interviewer schiebt die zwei leichteren Flaschen M (mittelschwer) und L (leicht) direkt vor das Kind: *Welche ist schwerer?* Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält es die Aufforderung, die schwerere Flasche M mit einer dritten (noch schwereren) Flasche S (schwer) zu vergleichen: *Welche ist von diesen beiden schwerer?* Abschließend stehen alle drei Flaschen vor dem Kind: *Sortiere diese drei Klebstoff-Flaschen nach ihrem Gewicht.*

Manuel sortiert die Flaschen auf der Grundlage der zwei durchgeführten Gewichtsvergleiche richtig und wendet demnach die Transitivitätsregel an. Er begründet seine Aufstellung mit den Beschreibungen der Flaschenfüllgrade: voll, halb und leer (Z. 1049). Das zeigt, dass er auf der Grundlage der durchgeführten Gewichtsvergleiche Vorstellungen über die jeweilige Klebstoffmenge in den Flaschen aufgebaut hat. Als der Interviewer ihn darauf hinweist, dass er zwei der Flaschen nicht miteinander verglichen hat, führt er diesen Vergleich sofort durch. Es gelingt ihm noch nicht, die von ihm angewandte Transitivitätsregel zu verbalisieren und dadurch seine Sortierung zu rechtfertigen.

### Zusammenfassung

Manuel kann drei Gegenstände mit Hilfe der Transitivitätsregel sortieren. Das bedeutet, dass er über ein Konzept, das die Anwendung der Transitivitätsregel auf eine Schwerer-Relation beinhaltet, verfügt. Es gelingt ihm jedoch noch nicht, die Regel zu verbalisieren.

#### 3.1.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“

##### **Konzept: Einheiten**

Es zeigt sich an verschiedenen Stellen im Interview, dass Manuel zwar die Begriffe Gramm und Kilogramm kennt, mit diesen jedoch nichts Inhaltliches verbindet. Der folgende Ausschnitt belegt, dass Manuel nicht weiß, ob ein Kilogramm oder ein Gramm mehr ist:

(Int. 1.2, 00:41-01:10)

1062 I: *Was ist denn mehr, ein Kilogramm oder ein Gramm?*

1063 M: (...) *Ein Gramm.*

1064 I: *Ein Gramm ist mehr? Wie viel ist denn ein Gramm mehr als ein Kilogramm?*

1065 M: *Ein Kilogramm ist, glaube ich, die. Nicht so ganz viel.*

1066 I: *Weißt du, wie viel du ungefähr wiegst?*

1067 M: *Ehm. (...) Sechsenddreißig, ne siebenunddreißig Komma fünf.*







1068 I: *Was denn, Gramm oder Kilogramm?*

1069 M: *Weiß ich nicht.*

Diese Sequenz legt nahe, dass Manuel Gramm und Kilogramm vertauscht. So vermutet er, dass ein Gramm mehr ist als ein Kilogramm (Z. 1063) und dass ein Kilogramm „nicht so ganz viel“ (Z. 1065) ist. Er verbindet mit dem Verhältnis von Gramm und Kilogramm und der damit zusammenhängenden Größenordnung nichts. Dies zeigt sich auch darin, dass er nicht weiß, ob er selbst 37,5 **Gramm** oder 37,5 **Kilogramm** wiegt (Z. 1066ff.).

Sein fehlendes Konzept vom richtigen Verhältnis von Gramm und Kilogramm findet sich auch im schriftlichen Test. Bei der Aufgabe, bei der die Einheiten Gramm und Kilogramm zu Bildern vorgegebenen Maßzahlen zugeordnet werden sollen, vertauscht er in fünf von sechs Fällen die beiden Einheiten: Er gibt an, dass ein Brief 20 **kg**, zwei Büroklammern 1 **kg**, ein Sack Kartoffeln 25 **g**, eine Mehlpackung 1 **g** und ein Eimer Wasser 10 **g** wiegen. Nur der Tafel Schokolade ordnet er die korrekte Einheit Gramm zu.

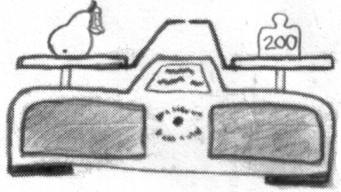
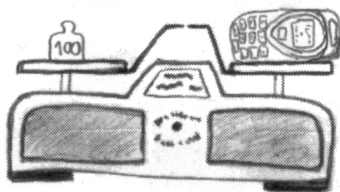
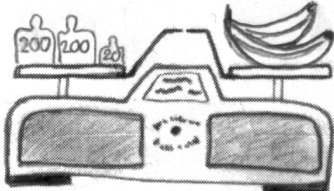
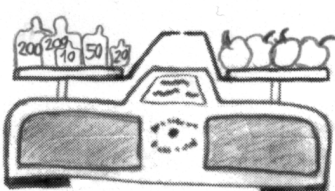
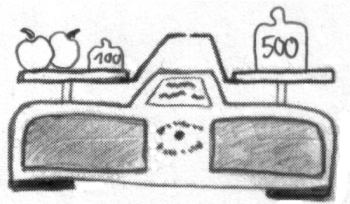
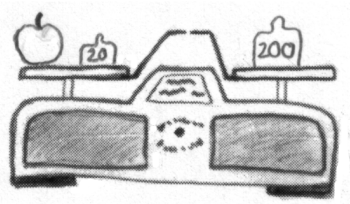
Gramm oder Kilogramm? Schreibe g oder kg!

1		20 kg
2		25 g
3		100 g
4		1 kg
5		1 g
6		10 g

Manuel, schriftlicher Test, Seiten 10/11

Bei der letzten Aufgabe im schriftlichen Test sind Gegenstände abgebildet, die auf einer Tafelwaage mit Hilfe von Gewichtssteinen ausgewogen werden (die Waagschalen befinden sich im Gleichgewicht). Manuel ist aufgefordert, das Gewicht der Gegenstände anzugeben. Auch hier ordnet er die Einheiten Gramm und Kilogramm nicht richtig zu. Hier entsteht der Eindruck, dass er zwar weiß, dass es die beiden Einheiten gibt, aber nicht weiß, wofür sie stehen, so dass er sie willkürlich einsetzt.


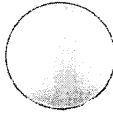




**Wie viel wiegen die Sachen? Schreibe auf!**

1		2	
	<u>200 Kg</u>		<u>100 Kg</u>
3		4	
	<u>4020 g</u>		<u>5070 g</u>
5		6	
	<u>600 Kg</u>		<u>2020 Kg</u>

Manuel, schriftlicher Test, letzte Seite

Des Weiteren zeigt sich im schriftlichen Test, dass für Manuel bei einer Gewichtsangabe die Verwendung einer Einheit nicht zwingend erforderlich ist. So macht er bei einer Aufgabe zum Schätzen im schriftlichen Test in vier von fünf Fällen eine Gewichtsangabe nur mit Maßzahl, ohne Einheit. Dies bestätigt sich auch im weiteren Interviewverlauf

in Situationen, in denen er zu einer Gewichtsangabe aufgefordert ist (vgl. Bsp. im Konzept: *Schätzen*, S. 193ff.).

Wie schwer sind die Sachen? Schätze das Gewicht und schreibe es auf!	
<p>1</p>  <p>Ranzen</p> <p>5,5</p>	<p>4</p>  <p>Tischtennisball</p> <p>1,2</p>
<p>2</p>  <p>Apfel</p> <p></p>	<p>5</p>  <p>Flasche Milch</p> <p>1</p>
<p>3</p>  <p>Elefant</p> <p>100g</p>	<p>6</p>  <p>Fahrrad</p> <p>3,4</p>

Manuel: schriftlicher Test, S.4/5

Dass Vorstellungen zu den Einheiten Gramm und Kilogramm fehlen, zeigt sich auch im folgenden Interviewausschnitt in Aufgabe 2.1:

(Int. 1.2, 00:05-00:41)

- 1070 I: In die eine Tüte sollst du mir ungefähr ein Gramm Sand füllen und in die andere Tüte ungefähr ein Kilogramm Sand.
- 1071 M: Mhm. (4 Sek.) Und ich weiß noch nicht mal, wie viel das sein soll.
- 1072 I: Was weißt du nicht, wie viel was sein soll?
- 1073 M: Wie viel ein Gramm ist und wie viel zwei Kilogramm.
- 1074 I: Ein Kilogramm. Hast du überhaupt keine Vorstellung. Überhaupt keine Idee.
- 1075 M: (schüttelt den Kopf) Nix.
- 1076 I: Nix. Kennst du irgendwas, was ein Kilogramm wiegt?
- 1077 M: E e h m m (zieht er über 5 Sek.) Nein.
- 1078 I: Du weißt von keiner Sache, dass sie ein Kilogramm wiegt?
- 1079 M: (schüttelt den Kopf)

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Löffel: Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand und in eine weitere Tüte 1g Sand. Zusätzlich wird das Kind gefragt: **Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt?** und **Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?**

Manuel ist nicht in der Lage, die geforderten Sandmengen abzufüllen, da er keine Vorstellungen darüber besitzt (Z. 1071), was mit den Gewichtsangaben ein Gramm und ein Kilogramm gemeint ist. Dieses fehlende Wissen verbalisiert er in diesem Abschnitt explizit.

### Zusammenfassung

Manuel weiß, dass es die Einheiten Gramm und Kilogramm gibt, kennt aber nicht ihre Bedeutung. Dabei fehlt ihm die Vorstellung für das Verhältnis von Gramm und Kilogramm. Dies führt dazu, dass für ihn zu einer Gewichtsangabe nicht zwingend eine Einheit gehört, da er die bedeutungstragende Komponente der Einheiten nicht kennt. In den Fällen, in denen er eine Einheit verwendet, geschieht dies offenbar willkürlich. Zum Teil entsteht der Eindruck, dass er Gramm und Kilogramm vertauscht.

### Konzept: Umgang mit Maßangaben

Laut Lehrereinschätzung fällt Manuel der Umgang mit Zahlen schwer. Dies bestätigt sich im Maßzahlkontext insofern, als es ihm abhängig von der geforderten Rechnung schwer fällt, zu einer Lösung zu gelangen:

- (Int. 1.2, 23:08-24:15)
- 1080 (M. hat das Apfelgewicht auf 139g (Klebstoff-Flaschengewicht) geschätzt, die digitale Küchenwaage hat als Apfelgewicht 155g angegeben)
- 1081 I: *Weißt du, wie viel schwerer der Apfel ist als der Kleber?* (7 Sek.) *Was musst du denn rechnen?*
- 1082 M: (7 Sek.) *Hundertneununddreißig plus (...)*  
*Hundert. Nein.* (10 Sek.) *Plus.* (13 Sek.) *Plus zwei (...)*  
*Ehm (...)* Zwölf. (6 Sek.) *Auch nicht.*

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, bei denen es das Gewicht sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: *Schätze, wie schwer ... ist!* Und **Wiege aus, wie schwer ... ist!**

In dieser Situation ist er nicht in der Lage, die Differenz zu berechnen. Dabei ist es nicht so, dass er sich verrechnet, sondern er weiß nicht, dass er die Differenz bestimmen muss. Offen bleibt, ob er ein explizites „155 minus 139“ hätte rechnen können. Woher „2“ und „12“ kommen (Z. 1082), bleibt ebenfalls offen. Der Ausschnitt zeigt, dass er hier nicht in der Lage ist auszurechnen, wie viel schwerer der Apfel als die Klebstoff-Flasche ist.

Im folgenden Beispiel gelingt es ihm dagegen, auszurechnen, dass zwei Nudelpackungen ungefähr genauso schwer sind wie eine Packung Milch:

- (Int. 1.2, 28:59-29:14)
- 1083 I: *Wie viel davon [Nudelpackung] bräuchtest du, damit die so schwer sind wie die Milch?* (.)  
*Wenn die ungefähr 500 Gramm wiegt und das ungefähr tausend Gramm.*
- 1084 M: *Fünfhundert.*
- 1085 I: *Wie viel brauchst du dann davon?* (.) *Wie viele Packungen Nudeln?*
- 1086 M: *Eine. Noch.*

### Zusammenfassung

Manuel gelingt es unterschiedlich gut, mit Maßangaben zu rechnen. Der Erfolg ist abhängig vom Schwierigkeitsgrad der jeweiligen Aufgabe. Dabei entsteht jedoch nicht der Eindruck, dass dies damit zusammenhängt, dass es sich um ein Rechnen im Maßzahlkontext handelt, sondern eher, dass er generell im Konzept Umgang mit Zahlen nicht sicher ist.

### 3.1.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“

#### **Konzept: Wiegen als Vergleichsvorgang**

Die folgende Sequenz legt nahe, dass Manuel die Vorstellung fehlt, dass es sich beim Auswiegen um einen Vergleichsvorgang handelt:

- (Int. 1.2, 12:46-13:47)
- 1087 I: *Hast du 'ne Idee, wie man den Kleber mit dieser Waage auswiegen könnte? (...) Mit dieser Waage gucken könnte, wie schwer der Kleber ist?*
- 1088 M: (...) *Mm.* (12 Sek.) *Indem man. Mm.* (4 Sek.) (betrachtet die auf dem Tisch liegenden Gewichtssteine).
- 1089 I: *Was würde man mit dem Kleber machen?*
- 1090 M: *Den könnte man hier drauf stellen* (zeigt auf die eine Waagschale der Tafelwaage).
- 1091 I: *Und was müsste man auf die andere Seite stellen?*
- 1092 M: (...) *Ein Kilogramm.* (...) *Nee. Ein Gramm?* (20 Sek.) (betrachtet die Gewichtssteine weiter) *Noch so einen Kleber* (zeigt auf die Klebstoff-Flasche). (...) *Dann ist der jetzt schwerer als 'n anderer Kleber.*

**Aufgabe 2.2:** Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage sowie eine Briefwaage: *Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen?* I. zeigt einzeln auf die Waagen: *Wo(für) verwendet man diese Waage? Wie wiegt man mit dieser Waage? Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand (Müsliriegel) aus!*

Unmittelbar vor dieser Sequenz hat er gezeigt, dass er weiß, dass die Tafelwaage einen Gewichtsvergleich ermöglicht (vgl. Konzept *Wiegen*, S. 191, Z. 1137). Hier weiß er aber nicht, wie man mit der Tafelwaage eine Gewichtsbestimmung durchführt, was daran deutlich wird, dass er in dem Gedanken „die eine Seite ist schwerer als die andere“ verhaftet bleibt und dadurch explizit die Ungleichheit betont (Z. 1092). Die Wahrnehmung der Gewichtssteine hilft ihm nicht weiter, um sich den Wägevorgang mit der Tafelwaage vorstellen zu können. Ihm ist nicht klar, dass dessen Ziel ist, ein Gleichgewicht der Waagschalen herzustellen. Das legt nahe, dass ihm das Verständnis des Wiegens als Vergleichen fehlt.

#### **Konzept: Waagen**

Manuel gibt an, dass ihm von den vier vorgegebenen Waagen (Personenwaage, analoge und digitale Küchenwaage sowie Tafelwaage) die Personenwaage, die analoge Küchenwaage und die Tafelwaage bekannt sind. Bei allen ihm bekannten Waagentypen nennt er zwar nicht die entsprechende Bezeichnung, kann aber die Einsatzfunktion erläutern (Aufg. 2.2, s.o.).

#### **Personenwaage**

- (Int. 1.2, 01:40-01:50)
- 1093 I: *Kennst du eine Waage davon?*
- 1094 M: *Die* (zeigt auf die Personenwaage).
- 1095 I: *Was ist denn das für eine Waage?*
- 1096 M: *Da muss man sich einfach nur drauf stellen und dann weiß man, wie viel man wiegt.*

Manuel äußert zwar nicht den Namen der Waage, weiß aber, dass man diese Waage dazu nutzt, das Körpergewicht zu bestimmen (Z. 1096).

### Analoge Küchenwaage

(Int. 1.2, 03:14-03:24)

- 1097 I: *Hast du von den anderen drei Waagen schon mal eine gesehen?*  
1098 M: *Die* (zeigt auf die analoge Küchenwaage). *Die hat Mama.*  
1099 M: *Wofür verwendet die die denn?*  
1100 M: *Wenn die mal 'n Kuchen bäckt, dann tut die da Mehl und Zucker mal drauf.*

Manuel kennt die analoge Küchenwaage von zu Hause aus dem Kontext „Backen“ (Z. 1100).

### Tafelwaage

(Int. 1.1, 02:40-02:52)

- 1101 I: *Hast du so eine Waage schon mal gesehen?*  
1102 M: (nickt) *Mhm.*  
1103 I: *Wie funktioniert die denn?* (M. greift zur Taschentuchpackung, I. hält ihn zurück.) *Bevor du's drauf legst.*  
1104 M: *Wenn man da was drauf legt* (zeigt auf eine Waagschale), *dann geht das Schwerere runter und das Andere, das bleibt dann so wie es ist.*

Manuel kann den Gewichtsvergleich (Z. 1104), nicht aber die Gewichtsbestimmung (vgl. Z. 1087ff.) mit der Tafelwaage beschreiben. Interessant ist seine Formulierung in Z. 1104, dass die leichtere Waagschale „*bleibt, wie sie ist*“, während die Waagschale mit dem schwereren Gegenstand „*runter geht*“. Dies stimmt nicht mit dem tatsächlichen Vorgang überein, bei dem sich die Waagschale mit dem leichteren Gegenstand entgegengesetzt entsprechend um den gleichen Abstand zur Ruhestellung bewegt wie die Waagschale mit dem schwereren Gegenstand. Sein Konzept enthält eine „Fehl“vorstellung, was damit zusammenhängen kann, dass ihm die Erfahrung mit der im Alltag nicht gebräuchlichen Tafelwaage fehlt.

### Digitale Küchenwaage

(Int. 1.2, 10:49-10:51)

- 1105 I: *Hast du diese Waage* (schiebt die digitale Küchenwaage vor Manuel) *schon mal gesehen?*  
1106 M: (verneinend) *Mhm.*

Die digitale Küchenwaage kennt Manuel nach eigener Angabe nicht (Z. 1106).

### Zusammenfassung

Manuel weiß, für welchen Zweck die analoge Küchenwaage sowie die Personenwaage eingesetzt werden. Bei der Tafelwaage erläutert er die Funktion des direkten Vergleichs, die Möglichkeit der Gewichtsbestimmung mit der Tafelwaage ist ihm nicht bekannt. Die digitale Küchenwaage kennt er weder namentlich noch ihre Funktion.

### Konzept: Wiegen

Manuel kann mit der Personenwaage, der analogen und der digitalen Küchenwaage unterschiedlich erfolgreich das Gewicht eines Gegenstandes bestimmen. Mit der Tafelwaage kann er einen Gewichtsvergleich, nicht jedoch einen Wägung durchführen.



**Personenwaage**

(Int. 1.2, 01:58-02:27)

- 1107 M: (stellt sich auf die Personenwaage) *Oh.*  
 1108 I: *Und, was sagt die Waage dir?*  
 1109 M: *Achtundv i e r z i g*  
 1110 I: *Wieso achtundvierzig?*  
 1111 M: *Weil neunundvierzig und dann kommt die vierzig. Da ist nämlich einer noch.*  
 1112 I: *Welche Zahl kommt vor der vierzig?*  
 1113 M: *Die Neunu n d*  
 1114 I: *Neunundwas?*  
 1115 M: *Neununddreißig.*  
 1116 I: *Also. (...) Nicht Neunundvierzig sondern*  
 1117 M: *Neununddreißig.*

Manuel konnte erklären, wie man das Körpergewicht mit Hilfe der Personenwaage bestimmt (Z. 1096, S. 187). Seiner Erläuterung entsprechend bestimmt er sein Körpergewicht.

Beim Versuch, die Gewichtsangabe abzulesen, liest er zunächst die falsche Zahl ab. Ursache ist offenbar seine Unsicherheit im Umgang mit Zahlen (vgl. Konzept *Umgang mit Maßangaben*, S. 186). Er liest statt der angezeigten 38 „48“ (Z.1109) ab, lässt sich also von der schon sichtbaren nächsten Zehnerzahl (40) beim Ableseprozess beeinflussen. Dieser Fehler fällt ihm auch nicht auf, als er seinen Ablesevorgang erläutert (Z. 1111). Hier entsteht innerhalb des von ihm aktivierten Konzepts kein Konflikt durch die von ihm benannte Zahlenfolge 48, 49, 40, woran sich erneut zeigt, dass sein Umgang mit Zahlen noch unsicher ist. Ausgelöst durch die Nachfrage des Interviewers, welches die Vorgängerzahl zur 40 ist, korrigiert er seinen Fehler, wobei nicht ersichtlich ist, ob er damit auch die Gewichtsangabe anpasst.

Interessant ist, dass die von ihm abgelesene Gewichtsangabe keinen inneren Konflikt mit seinem ihm bekannten Körpergewicht hervorruft (Im schriftlichen Test hat er als Körpergewicht „33,5“ angegeben.). Hier vernetzt er die Situation nicht mit dem eigentlich vorhandenen Wissen über sein Körpergewicht und nutzt sein Wissen daher auch nicht als Kontrolle. Die Wägesituation steht somit isoliert neben seinem Konzept, in dem er sein Körpergewicht gespeichert hat. In diesem Zusammenhang lässt sich ein Subjektiver Erfahrungsbereich identifizieren: Wird Manuel konkret nach seinem Körpergewicht gefragt, kann er sein Wissen hierüber abrufen, wie er im schriftlichen Test gezeigt hat. Dieses Wissen überträgt er aber nicht in die aktuelle Situation, in der er aufgefordert ist, sein Körpergewicht mit Hilfe einer Waage selbständig zu bestimmen. Durch die Aktivierung seines Wissens hätte er die Gewichtsangabe der Personenwaage hinterfragt.

Seine Gewichtsangabe enthält keine Einheit (Z. 1109). Für ihn scheint die Angabe der Maßzahl als Gewichtsangabe in dieser Situation ausreichend, was noch einmal bestätigt, dass die Einheiten für ihn keine notwendige Bedeutung haben (vgl. Konzept *Einheiten*, S. 182).

**Aufgabe 2.2:** Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage sowie eine Briefwaage: Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen? I. zeigt einzeln auf die Waagen: Wo(für) verwendet man diese Waage? Wie verwendet man sie? Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand (Müsliriegel) aus!

### Analoge Küchenwaage

Manuel kann erklären, wie man mit Hilfe der analogen Küchenwaage das Gewicht eines Gegenstandes bestimmt:

(Int. 1.2, 03:28-03:44)

1118 I: *Hast du 'ne Idee, wie die Waage funktioniert?*

1119 M: *Wenn man was draufstellt* (drückt auf die Waagschale).

1120 I: *Dann?*

1121 M: *Dann geht der Zeiger zu der Zahl, wie schwer das ist.*

Als er selbst eine Wägung durchführt, zeigt sich, dass er die Waagenskala falsch interpretiert:

(Int. 1.2, 03:55-04:53)

1122 M: (stellt die Klebstoff-Flasche auf die Waagschale) *Mm. (.) Die wiegt jetzt hundert. Nee. (9 Sek.) Hundertund (..) achtundneunzig irgendwas.*

1123 I: *Wie kommst du auf 198?*

1124 M: *Weil hier ???*

1125 I: *Du hast direkt 100 gesagt. 100 und noch was. Wieso hast du direkt gesagt 100 und noch was?*

1126 M: (..) 198.

1127 I: *Ja, wie bist du auf die 100 gekommen? Warum hast du gesehen, dass es auf jeden Fall mehr als 100 sein muss?*

1128 M: *Weil, weil der 100, dann kommen ja immer mehr Zahlen und irgendwann kommt mal die 200. Und vor der 200 kommt die 199 und 198.*

Manuel interpretiert die großen Striche richtigerweise als Hundertermarkierung. Die kleinen Striche interpretiert er dagegen fälschlicherweise als Einermarkierung (korrekt wären 20g-Schritte). Seine Interpretation führt dazu, dass er das Gewicht konsequenterweise mit „198“ abliest (Z. 1122). In seiner Gewichtsangabe fällt auf, dass er zwar keine Einheit angibt, er setzt stattdessen aber das Wort „irgendwas“ hinter die Maßzahl. Hieraus lässt sich ablesen, dass er in diesem Moment eine Ahnung hat, dass die Gewichtsangabe aus der Maßzahl und einer Ergänzung besteht. Seine Interpretation der Skala führt zu keinem inneren Konflikt: Es müssten sich nach seiner Interpretation 99 Striche zwischen den beiden Hunderterstrichen befinden, es sind aber nur vier.

### Digitale Küchenwaage

Die digitale Küchenwaage kennt er seiner eigenen Angabe zufolge nicht. Offenbar schließt er aus der Bauart der digitalen Waage, die der analogen Waage ähnelt, dass auch der Wägevorgang gleich vonstatten geht. Er „erarbeitet“ sich die grundlegende Funktion der digitalen Waage also ad hoc selbst. Unklar bleibt, ob er den Start des Wägevorgangs hätte richtig durchführen können (einschalten, auf die Nullanzeige warten, Gegenstand auf die Waagschale legen), da der Interviewer diesen Schritt vorweggenommen hat:

(Int. 1.2, 11:36-12:15)

1129 M: (stellt die Klebstoff-Flasche auf die Waagschale, das Gewicht von 140 Gramm ist ihm aus der vorangegangenen Wägung mit der analogen Küchenwaage bekannt) *Dreizehn (...) acht Kilogramm.*

1130 I: *Wie schwer war er denn auf dieser* (zeigt auf die analoge Küchenwaage) *Waage?*

1131 M: (5Sek.) *H u n d e r t*

- 1132 I: *Also ungefähr hundertvierzig Gramm.*  
 1133 M: (nickt) *Ja.*  
 1134 I: *Ich behaupte mal, dass die Sachen auf allen Waagen immer ungefähr gleich viel wiegen. (.)*  
*Dann versuch diese Zahl mal zu lesen.*  
 1135 M: *Hundertachtunddreißig.*

Das Beispiel zeigt, dass Manuel auch bei dieser Waage (vgl. Personenwaage sowie analoge Küchenwaage) Probleme hat, die Gewichtsangabe richtig abzulesen (Z. 1129). Bei der Personenwaage hatte er Probleme mit der Interpretation des Zahlenstrahls, bei der analogen Küchenwaage mit der Skaleneinteilung. Bei der digitalen Küchenwaage kann er weder eine Skala noch einen Zahlenstrahl falsch interpretieren – er muss nur eine Zahl ablesen. Aber auch hiermit hat er Probleme, obwohl ihm das Gewicht aus der vorangegangenen Wägung mit der analogen Küchenwaage bekannt ist. Die Situation steht für ihn demnach isoliert neben der vorangegangenen. Sie werden von ihm nicht miteinander vernetzt. Als der Interviewer ihn auf die vorangegangene Messung hinweist, gibt Manuel interessanterweise auch nicht die letztendlich abgelesene Gewichtsangabe (140g) an (Z. 1131). Sein zögerliches Antworten deutet darauf hin, dass er die Gewichtsangabe nicht abrufen kann oder sie nicht anhaltend innerhalb eines Konzepts gespeichert hat. Erst als der Interviewer ihm das Gewicht nennt und durch den folgenden Kommentar die Situation stark lenkt (Z. 1134), ist Manuel in der Lage, die angezeigte Gewichtsangabe abzulesen (Z. 1135).

Für ihn stehen die Wägungen mit den verschiedenen Küchenwaagen isoliert nebeneinander, was bedeutet, dass für jede Situation ein isolierter Subjektiver Erfahrungsbereich existiert.

Interessanterweise macht er in dieser Situation zunächst – anders als bisher – eine vollständige Gewichtsangabe (Z. 1129). In Zeile 1135 gibt er wieder nur die Maßzahl an, dies kann jedoch auch damit zusammenhängen, dass der Interviewer ihn explizit dazu auffordert, die *Zahl* erneut abzulesen (Z. 1134).

### Tafelwaage

Manuel weiß, wie man mit Hilfe der Tafelwaage einen direkten Gewichtsvergleich durchführen kann:

(Int. 1.2, 12:27-12:37)

- 1136 I: *Weißt du, wie die Waage (zeigt auf die Tafelwaage) funktioniert?*  
 1137 M: *Mhm. Da muss man hier (zeigt auf eine Waagschale) und hier (zeigt auf die andere Waagschale) was draufstellen und dann geht die so runter. Welches dann schwerer ist.*

Er kann jedoch nicht mit Hilfe der Tafelwaage das Gewicht der Klebstoff-Flasche bestimmen:

(Int. 1.2, 12:46-13:47)

- 1138 I: *Hast du 'ne Idee, wie man den Kleber mit dieser Waage auswiegen könnte? (..) Mit dieser Waage gucken könnte, wie schwer der Kleber ist?*  
 1139 M: (..) *Mm. (12 Sek.) Indem man. Mm. (4 Sek.)* (betrachtet die auf dem Tisch liegenden Gewichtssteine).  
 1140 I: *Was würde man mit dem Kleber machen?*

- 1141 M: *Den könnte man hier drauf stellen* (zeigt auf die eine Waagschale der Tafelwaage).  
1142 I: *Und was müsste man auf die andere Seite stellen?*  
1143 M: (...) *Ein Kilogramm. (...) Nee. Ein Gramm?* (20 Sek.) (betrachtet die Gewichtssteine weiter)  
*Noch so einen Kleber* (zeigt auf die Klebstoff-Flasche). (...) *Dann ist der jetzt schwerer als 'n anderer Kleber.*

Während dieser Situation betrachtet Manuel die ganze Zeit den auf dem Tisch liegenden Koffer mit den Gewichtssteinen. Dies führt aber nicht dazu, dass er eine Idee bekommt, wie man sie zur Gewichtsbestimmung einsetzen könnte. Zwischendurch schlägt er zwar vor (Z. 1143), einen 1kg-Stein oder einen 1g-Stein auf die andere Waagschale zu legen, aus dieser Äußerung lässt sich jedoch nicht ablesen, dass er eine Vorstellung davon hat, wie man mit Hilfe der Gewichtssteine und der Tafelwaage eine Gewichtsangabe für die Klebstoff-Flasche erhielte. Dies hängt damit zusammen, dass er keine Vorstellung davon hat, dass es sich bei der Gewichtsbestimmung um einen Vergleichsvorgang handelt, bei dem man Gleichheit herstellt – und dass die Tafelwaage diesen Vorgang sichtbar macht.

Obwohl ihm das Gewicht der Klebstoff-Flasche aus den vorangegangenen Wägungen mit den anderen Waagen bekannt ist, gelingt es ihm nicht, darauf zuzugreifen. Dies spricht für eine Speicherung der vorangegangenen Wägungen in jeweils isolierten subjektiven Erfahrungsbereichen, die er nicht miteinander vernetzt. Das Konzept, das er schließlich aktiviert, ist das, in dem der direkte Vergleich gespeichert ist (Z. 1143).

### Zusammenfassung

Beim Umgang mit den verschiedenen Waagen fallen zunächst Manuels Unsicherheiten im Umgang mit Zahlen auf. Dies führt dazu, dass er bei der Personenwaage und der analogen Küchenwaage zwar ihre Funktionsweise kennt und den Wägevorgang durchführen kann, in der praktischen Umsetzung aber am richtigen Ablesen der Gewichtsangabe scheitert. Die digitale Waage kennt er nach eigenen Angaben nicht, erarbeitet sich in der Situation aber ad hoc – entsprechend zur analogen Küchenwaage – den Wägevorgang, wobei offen bleibt, inwieweit er das „Initialisieren“ der Waage beherrscht. Aber auch bei dieser Waage, bei der er die Gewichtsangabe nur ablesen muss, ist er nicht in der Lage, das Gewicht beim ersten Versuch richtig anzugeben. Die Tafelwaage kann er für den direkten Gewichtsvergleich einsetzen, nicht aber für die Gewichtsbestimmung. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass er nicht über das Konzept Wiegen als Vergleichsvorgang verfügt (vgl. Konzept *Wiegen als Vergleichsvorgang*, S. 187).

Obwohl Manuel das Gewicht der Klebstoff-Flasche, die er auf allen Waagen auswiegen sollte, nach der ersten durchgeführten Wägung bereits kennt, nutzt er dieses Wissen beim Ablesen der Ergebnisse der anderen Waagen nicht. In allen Fällen steht für ihn die aktuelle Situation isoliert da. Er verknüpft sie nicht mit bereits angelegten Konzepten, die ihm bei der Bewältigung helfen könnten, sondern versucht, jeweils ohne Rückgriff auf Bekanntes (wie sein Körpergewicht oder das Gewicht der Klebstoff-Flasche) zum Ergebnis zu gelangen. Er weiß theoretisch – vermutlich auf Beobachtungsgrundlage –

wie eine Wägung durchgeführt wird, hat sie aber wahrscheinlich noch nicht oft genug selbständig durchgeführt, so dass sich hier noch kein Konzept etablieren konnte. Manuel hat für jede Waage einzelne Subjektive Erfahrungsbereiche angelegt, die isoliert nebeneinander stehen.

Die Beispiele bestätigen, dass für ihn die Angabe einer Einheit noch nicht notwendig ist, da er in fast allen Fällen beim Ablesen des angezeigten Gewichts nur die Maßzahl nennt (vgl. Konzept *Einheiten*, S. 182).

### 3.1.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“

#### **Konzept: Stützpunktwissen**

Manuel kann kein Konzept aktivieren, in dem Stützpunktwissen für ein Kilogramm gespeichert ist, wie das folgende Beispiel zeigt:

(Int. 1.2, 00:28-00:41)

- 1144 I: *Kennst du irgendwas, was ein Kilogramm wiegt?*  
 1145 M: *E e h m m* (zieht er über 5 Sek.) *Nein.*  
 1146 I: *Du weißt von keiner Sache, dass sie ein Kilogramm wiegt?*  
 1147 M: (schüttelt den Kopf)

**Aufgabe 2.1:** (...) *Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt? (...)*

Er kann weder in dieser Situation noch an einer anderen Stelle im Interview einen Gegenstand benennen, der ein Kilogramm wiegt.

#### **Zusammenfassung**

Manuel verfügt über kein Stützpunktwissen. Dies deckt sich mit der Tatsache, dass sich innerhalb des Interviews zeigt, dass er die Einheiten nicht kennt (vgl. Konzept *Einheiten*, S. 182).

#### **Konzept: Schätzen**

Manuels fehlende Vorstellungen zu einem Gramm und einem Kilogramm (vgl. Kap. Konzept *Einheiten*, S. 182) wirken sich auf seine Schätzangaben für das Gewicht von Gegenständen in Aufgabe 2.3 aus. Manuel nimmt jedes Mal den zu schätzenden Gegenstand in die Hand, wurde hierzu jedoch auch bei der ersten Schätzung aufgefordert:

(Ausschnitt aus Int. 1.2, 21:30-30:34)

[Manuel kennt aus dem vorherigen Interviewverlauf das Gewicht einer Klebstoff-Flasche (138g)]

- 1148 **Apfel:** I: *Wenn du den in die Hand nimmst, was schätzt du, wie schwer ist der?*  
 1149 M: (nimmt den Apfel in die Hand, wechselt ihn zwischen den Händen) *Mm.* (5 Sek.) *Ein (...)*  
*ein Gramm ist das nicht (...), weil er sich relativ leicht anfühlt.*  
 1150 I: *War jetzt ein Gramm viel oder wenig?* (11 Sek.) *Weißt du noch, wie viel Gramm man braucht, um ein Kilogramm zu kriegen?*  
 1151 M: (...) *H u n d e r t (...)* neununddreißig.  
 1152 I: *Tausend 1g-Stücke braucht man, um ein Kilogramm zu haben. (...)* Also ein Gramm ist eher wenig. (7 Sek.) *Was schätzt du, wie schwer ist der Apfel?*

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, deren Gewicht es sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: *Schätze, wie schwer ... ist!*

- 1153 M: (5 Sek.) *So viel wie der Kleber, sag ich mal.*  
1154 I: *Wie schwer war denn der Kleber?*  
1155 M: *138.*

In der Begründung seiner ersten Abschätzung zeigt sich, dass er offenbar Gramm und Kilogramm vertauscht, was daran sichtbar wird, dass er 1g als obere Schranke setzt (Z. 1149). Deswegen versucht ihn der Interviewer auf das Verhältnis von einem Gramm zu einem Kilogramm hinzuweisen (Z. 1150, 1152). Dies ignoriert Manuel jedoch, was damit zusammenhängen kann, dass ihm der einmalige Hinweis nicht hilft. Außerdem konzentriert er sich darauf, das Apfelgewicht mental mit dem ihm bekannten Gewicht der Klebstoff-Flasche zu vergleichen. Er hat offensichtlich kurzfristig eine Stützpunktvorstellung aufgebaut. Hierbei handelt es sich um einen geeigneten Vergleich, da der Apfel ungefähr so schwer ist wie die Klebstoff-Flasche (Z. 1153). Sein fehlendes Wissen über Einheiten bedeutet für ihn eine Desorientierung; die Erläuterungen des Interviewers helfen ihm nicht.

Nachdem Manuel das Gewicht des Apfels (155g) mit Hilfe der digitalen Küchenwaage bestimmt hat, ist er aufgefordert, das Gewicht eines Tischtennisballs zu schätzen:

(Ausschnitt aus Int. 1.2, 21:30-30:34)

- 1156 **TT-Ball:** I: *Was schätzt du, wie schwer ist der?*  
1157 M: (nimmt den Tischtennisball in die Hand) *Unter ein Kilogramm.*  
1158 I: *Ja, aber unter einem Kilogramm sind auch die beiden Sachen (zeigt auf Apfel und Klebstoff-Flasche). Und die wiegen 140 bzw. 155 Gramm.*  
1159 M: (5 Sek.) *155 oder weniger als 55. (...)*  
1160 I: *55 Gramm oder 'n bisschen weniger? Was schätzt du denn?*  
1161 M: (...) *15.*  
1162 I: *<15?>*  
1163 M: *<Zwischen> 15 und 40, tipp ich mal so.*

In seiner erste Schätzangabe formuliert er – wie auch schon beim Apfelgewicht – eine obere Schranke (Z. 1157). Aufgrund von Manuels Unsicherheiten in der Verwendung der Einheiten Gramm und Kilogramm ist hier nicht erkenntlich, ob er Gramm oder Kilogramm meint. Da er weiß, dass eines von beiden „leicht“ (1g) und das andere „schwer“ (1kg) ist, ist es plausibel, dass er das Gewicht des Tischtennisballs gegenüber dem „schwereren“ abgrenzen will. Der Interviewer weist ihn auf die bekannten Gewichte von Apfel und Klebstoff-Flasche hin, um ihm eine Orientierung zu geben, und fordert ihn dadurch implizit zu einer weiteren Schätzung auf (Z. 1158). Manuel macht daraufhin in scheinbar willkürlichen Sprüngen mehrere Angaben und nennt schließlich keine konkrete (Maß-)Zahl, sondern einen Bereich (Z. 1163). Auch zeigt sich wieder, dass Manuel versucht hat, sich an Stützpunktvorstellungen zu orientieren. Es entsteht der Eindruck, dass seine erste Orientierung eine Stützpunktvorstellung von einem Kilogramm ist, die er als obere Schranke formuliert. Als der Interviewer weitere Orientierung gibt, aktiviert Manuel wieder seine Stützpunktvorstellung für die Klebstoff-Flasche, vergleicht mental und schließt, dass der Tischtennisball leichter ist. Die Sprünge nach unten veranschaulichen seine Bemühungen, die gefühlten Gewichte in einer zahlenmäßigen Relation auszudrücken.

Manuels Unsicherheiten bezüglich der Verwendung der Einheiten zeigt sich auch im folgenden Schätzbeispiel:

(Ausschnitt aus Int. 1.2, 21:30-30:34)

- 1164 **Milchpackung:** I: *Was schätzt du, wie schwer ist die?*  
 1165 M: (hebt die Milch hoch) (30 Sek.) *Ein Kilo. Ein Gramm.*  
 1166 I: *Ist ein Gramm viel oder ein Kilogramm?*  
 1167 M: *Ein (.) Gramm*

Bei der Angabe seiner Schätzung ist er unsicher, welche der beiden Einheiten Gramm und Kilogramm er verwenden soll. (Z. 1165). Auf Nachfrage benennt er Gramm als schwerer, vertauscht also wieder die Einheiten (Z. 1167). Insofern liegt seine Schätzung nah am tatsächlichen Gewicht der Milchpackung (1056g).

Manuels fehlenden Vorstellungen bezüglich eines Gramms und eines Kilogramms zeigen sich auch beim Versuch, die Aufgabe 2.1 zu bearbeiten:

(Int. 1.2, 00:05-00:23)

- 1168 I: *In die eine Tüte sollst du mir ungefähr ein Gramm Sand füllen und in die andere Tüte ungefähr ein Kilogramm Sand.*  
 1169 M: *Mhm. (4 Sek.) Und ich weiß noch nicht mal, wie viel das sein soll.*  
 1170 I: *Was weißt du nicht, wie viel was sein soll?*  
 1171 M: *Wie viel ein Gramm ist und wie viel zwei Kilogramm.*

Manuel verbalisiert deutlich, dass er mit den Gewichtsangaben nichts anfangen kann (Z. 1169). Dies führt dazu, dass er die Aufgabe nicht bearbeitet, da ihm jegliche Orientierung fehlt. (Diese Sequenz liegt zeitlich vor der vorherigen.)

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Löffel: *Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand und in eine weitere Tüte 1g Sand.* Zusätzlich wird das Kind gefragt: **Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt?** und *Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?*

## Zusammenfassung

Manuel aktiviert für das Schätzen ein Konzept, dass den Gewichtsvergleich mit internen Stützpunktvorstellungen beinhaltet. Gleichzeitig zeigen seine Schätzversuche, dass ihm aber Stützpunktvorstellungen fehlen, auf die er beim Schätzen zurückgreifen kann. Betrachtet man seine Schätzungen, so erhält man den Eindruck, dass er das Gewicht jedes zu schätzenden Gegenstandes mit einem Kilogramm vergleicht (wobei er – wie beschrieben – teilweise die Einheiten vertauscht). Bei der Schätzung für die Milchpackung bietet dies genügend Orientierung; er schätzt sie als gleich schwer. Bei den Schätzungen von Apfel und Tischtennisball erkennt er richtig, dass sie weniger als ein Kilogramm wiegen (was aber trotzdem – insbesondere für den Tischtennisball – keine realistischen Schätzangabe darstellt). Als weitere Orientierung aktiviert er eine weitere, während des Interviews ad hoc aufgebaute – Stützpunktvorstellung (Klebstoff-Flasche, 138g), die er erfolgreich mit dem Gewicht des Apfels vergleicht, da Apfel und Klebstoff-Flasche etwa gleich schwer sind. Beim Tischtennisball weiß er nur, dass dieser „leichter“ ist, findet aber keine weitere Orientierung, um das Gewicht abzuschätzen. Seine initialer Vergleich mit einem Kilogramm deutet daraufhin, dass er eine Stützpunktvorstellung für ein Kilogramm hat; sicher verfügt er über die ad hoc aufgebaute Stützpunktvorstellung

für die Klebstoff-Flasche. Der Vergleichsvorgang mit einer Stützpunktvorstellung entspricht dem grundsätzlichen Vorgang, der dem Schätzen zugrunde liegt (vgl. Kap. B 2, Abschnitt Schätzen).

Beim Schätzen bestätigt sich, dass Manuels Verwendung der Begrifflichkeiten Gramm und Kilogramm noch nicht richtig ist. Im Rahmen der Schätzaufgaben entsteht der Eindruck, dass er die Begriffe Gramm und Kilogramm verwechselt (vgl. Konzept *Einheiten*, S. 182ff.).

Da es keine wissenschaftlichen Standards für die Bewertung von Schätzaufgaben gibt und eine Entwicklung solcher im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist (vgl. Kap. B 2, Abschnitt Schätzen), lassen sich Manuels Schätzungen nicht nach einem festgelegten Maßstab bewerten. Wie jedoch in der Analyse angedeutet, gelingt es ihm, sich mit seinen Schätzungen sowohl beim Apfel als auch bei der Packung Milch (unter der Annahme, dass er Gramm und Kilogramm verwechselt) dicht am jeweiligen Echtgewicht zu bewegen.

### **Konzept: Stützpunktvorstellungen**

Manuel kann kein Stützpunktwissen benennen, weswegen er auch nicht auf Stützpunktvorstellungen zurückgreifen kann, die er vor dem Interview aufgebaut hat. Es zeigt sich aber, dass er im Rahmen des Interviews offensichtlich spontan eine Stützpunktvorstellung aufgebaut hat, auf die er im Rahmen einer Schätzaufgabe erfolgreich zurückgreifen kann (vgl. Z. 1148ff.). Ob es sich hierbei um den Aufbau einer dauerhaften Stützpunktvorstellung handelt, lässt sich nicht bewerten. Auffällig ist jedoch, dass er in der Lage ist, seinen Schätzprozess an einen Gewichtsvergleich mit einer vorhandenen Vorstellung zu koppeln.

## **3.2 Entwicklung der Konzepte**

Im Folgenden wird aufgeführt, welche Entwicklung in den beiden folgenden Interviews im Vergleich zum ersten Interview festzustellen ist. Das zweite Interview wurde unmittelbar nach der Unterrichtseinheit zur Größe Gewicht durchgeführt, das dritte Interview erfolgte nach weiteren vier Monaten. Bei der Auswertung wird den Fragen nachgegangen, inwiefern sich die Konzepte verändert oder verfestigt haben und ob sich weitere Konzepte identifizieren lassen.

### **3.2.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“**

#### **Konzept: Gewichtsvergleich**

Im ersten Interview aktivierte er beim Gewichtsvergleich in der Regel eines der beiden folgenden Konzepte (S. 170):



1. Er führte einen **visuellen Vergleich** durch und reduzierte dadurch den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich.
2. Er führte einen **mentalenen Vergleich** gespeicherter Vorstellungen durch.

Einen manuellen Gewichtsvergleich setzte er dagegen nur selten ein. Außerdem hat sich gezeigt, dass Manuels Interviewverhalten dadurch beeinflusst war, dass er über Informationen zu einigen Aufgaben verfügte. Dies führte dazu, dass er in Vergleichssituationen, in denen er unterschiedlich große Verpackungsgegenstände bezüglich ihres Gewichts miteinander vergleichen sollte, den jeweils kleineren Gegenstand als den schwereren bewertete. Dies kann so gedeutet werden, dass er in seinem aktivierten Konzept integriert hat, dass die Lösung entgegengesetzt dem eigentlich zu Erwartenden ist. Dies führte dazu, dass der manuelle Vergleich in diesen Situationen in den Hintergrund rückte und von ihm nicht eigeninitiativ als Lösungsweg eingesetzt wurde.

In der Aufgabe 2.5 dagegen, in der er in eine leere Tüte so viel Sand füllen sollte, dass die Tüte genauso schwer ist wie eine vorliegende Nudeltüte, setzte er den manuellen Vergleich spontan ein. Diese Situation aktivierte demnach ein Konzept, dass den manuellen Gewichtsvergleich beinhaltet.

In einer weiteren Situation führte er zunächst Gewichtsvorstellungen über die vorliegenden Gegenstände an, um letztlich bei einem (eigeninitiativ) durchgeführten Gewichtsvergleich festzustellen, dass sich die beiden Gegenstände nahezu gleich schwer anfühlen. Hier hatte er offensichtlich ein Konzept aktiviert, in dem er Gewichtsvorstellungen von ihm bekannten Gegenständen gespeichert hatte, die er in dieser Situation miteinander abglich.

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview finden sich Situationen, in denen er – wie auch schon im ersten Interview – das Konzept aktiviert, in dem er sich ohne Gewichtskontrolle für den kleineren Gegenstand als den schwereren entscheidet, was vermutlich aus der Erfahrung resultiert, dass dies der Lösung in der ersten Interviewaufgabe im ersten Interview entsprach: Das Unerwartete der Aufgabe führte zu einer Konzeptbildung.

Ein Beispiel hierfür bieten die zwei folgenden Ausschnitte aus dem **zweiten** und **dritten** Interview aus der Aufgabe 1.1a:

**Aufgabe 1.1a:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich große Gegenstände: Welche(s/r) Paket/Dose/Umzugskarton ist schwerer?

(Int. 2.1, 00:00-00:11)

1172 (Auf dem Tisch stehen zwei unterschiedlich große Tupperdosen.)

1173 I: Welche Dose ist schwerer?

1174 M: Die (zeigt auf die kleinere Dose).

1175 I: Wieso die?

1176 M: Weil wenn die (zeigt auf die größere Dose) größer sein kann, kann da ja sein, dass da nicht so was Schweres drin ist.

(Int. 3.1, 00:09-00:36)

1177 (Auf dem Boden stehen zwei unterschiedlich große Umzugskartons.)

1178 I: Welcher Umzugskarton ist denn wohl schwerer?

1179 M: (.) Ich würd sagen, der kleine.

1180 I: Warum würdest du sagen, der kleine?

1181 M: Weil es könnte ja sein, dass in dem großen nicht so viel drin ist und bei dem kleinen viel mehr.

- 1182 I: *Mhm. Kannst du das denn einfach so entscheiden, wenn du <dir die an-guckst>?*
- 1183 M: *<Nee, eigentlich nicht.> (...) Aber ich tipp, dass der kleine größer, also schwerer ist.*

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview führt Manuel in dieser Aufgabe keinen manuellen Vergleich durch und entscheidet sich in beiden Fällen für den kleineren Verpackungsgegenstand, ohne einen manuellen Vergleich durchzuführen (Z. 1174 bzw. 1179). Seine Entscheidung begründet er jeweils mit der Möglichkeit unterschiedlicher Füllungen (Z. 1176 bzw. 1181). Eine erste naheliegende Interpretation wäre, zu vermuten, dass er einen manuellen Vergleich grundsätzlich nicht für nötig hält. Dagegen spricht, dass er im dritten Interview auf Rückfrage explizit sagt, dass er „*tipp*“ und das „*eigentlich nicht*“ auf visueller Grundlage entscheiden kann (Z. 1183). Dies deutet darauf hin, dass er annimmt, dass er zunächst eine Vermutung äußern soll. Dass er sich hierbei in beiden Fällen für den kleineren Gegenstand entscheidet, kann damit zusammenhängen, dass dies der richtigen Antwort im ersten Interview entspricht. Interessant ist, dass im **dritten** Interview durch den Versprecher in Zeile 1183 deutlich wird, wie eng die Worte „größer“ und „schwerer“ innerhalb des Konzepts aneinander gekoppelt sind.

Der folgende Ausschnitt aus dem **zweiten** Interview (Aufgabe 1.1b) bestätigt ebenfalls den Rückgriff auf die Erfahrung in der ersten Aufgabe des ersten Interviews, in der der kleinere Gegenstand der schwerere war:

**Aufgabe 1.1b (nur 2. und 3. Interview):** Vor dem Kind liegen fünf verschiedene Geschenke, die in Größe und Gewicht variieren: *Welches Geschenk ist am schwersten?*

- (Int. 2.1, 00:36-02:02)
- 1184 I: *Welches Geschenk ist am schwersten?*
- 1185 M: (...) *Ich tipp mal das kleine.*
- 1186 I: *Welches denn?*
- 1187 M: *Das* (zeigt auf das kleinste Geschenk).
- 1188 I: *Mhm. Wieso tippst du das?*
- 1189 M: (...) *Weil vielleicht ist in dem* (zeigt auf das größte) *nicht so viel drin als in dem* (zeigt auf das kleinste). *Deswegen glaub ich ja, dass das das ist* (zeigt dabei noch mal auf das kleinste.)
- 1190 I: *Und wenn wir es wirklich wissen wollen?*
- 1191 M: (...) ??? *mit den Händen* (zeigt mit den Händen die Handwaage und beginnt dann, die Geschenke paarweise miteinander zu vergleichen; er beginnt mit dem Vergleich vom kleinsten und größten Geschenk). *Das* [kleinste Geschenk] *ist schwerer* (legt das leichtere, größte Geschenk an die Seite und nimmt ein anderes für den nächsten Vergleich). *Das ist immer noch schwerer* (legt das leichtere Geschenk wieder weg und nimmt sich ein viertes Geschenk, vergleicht länger (14 Sek.)). *Das* [kleinste] *ist jetzt leichter* (legt es zur Seite und nimmt sich das letzte Geschenk für den letzten Vergleich). *Das da ist jetzt leichter* (legt zuerst das leichtere und dann auch das schwerste Geschenk auf den Tisch).
- 1192 I: *Das heißt, welches ist am schwersten?*
- 1193 M: *Das* (zeigt auf das schwerste).
- 1194 I: *Und konntest du das von außen entscheiden?*
- 1195 M: (verneinend) *Mhm.*
- 1196 I: *Was musstest du dafür also wirklich machen?*
- 1197 M: *Also mit den Händen heben.*

Auch hier entscheidet Manuel sich zunächst ohne manuellen Vergleich für das kleinste Geschenk, initiiert durch den Interviewer (Z. 1190) führt er dann paarweise manuelle Vergleiche durch und stellt dabei fest, dass seine erste Entscheidung, bei der er ebenfalls wieder explizit „getippt“ hat, nicht stimmte.

Im **dritten** Interview entscheidet er sich nicht für das kleinste Geschenk, wie der folgende Ausschnitt zeigt (Aufgabe 1.1b):

(Int. 3.1, 01:26-02:49)

- 1198 I: *Welches Geschenk ist am schwersten?*  
 1199 M: (12 Sek.) *Das hier* (zeigt auf eins der Geschenke).  
 1200 I: *Wieso denkst du, dass das hellblaue am schwersten ist?*  
 1201 M: *Weil es könnte ja etwas mehr drin sein, als in den ganzen anderen Kartons.*  
 1202 I: *Mhm.*  
 1203 M: (7 Sek.) *Wenn ich sie aber (.) nach (..) Gewicht ordnen würde, dann könnte es sein, dass das* (deutet auf seine Erstwahl) *schwerer sein würde.*  
 1204 I: *Mhm.* (4 Sek.) *Wir wollen es nicht nur von außen vermuten, sondern wollen es genau wissen.*  
 1205 M: (..) *Dann müssen wir es auch anfassen* (hebt die Geschenke einzeln nacheinander hoch) (5 Sek.) *Das [Erstwahl] war jetzt nicht so schwer, also das war ja schwerer als das und das und das. Aber die [schwerstes Geschenk] war schwerer als alle anderen.*

Manuel benennt wieder ein Geschenk als das schwerste, ohne einen manuellen Vergleich durchzuführen. Wie in den zuvor geschilderten Aufgaben aus dem zweiten und dritten Interview macht er (durch den Konjunktiv in seiner Begründung, Z. 1201) deutlich, dass es sich auch hier nur um einen Tipp handelt, nicht um Wissen. Wieder führt er den manuellen Vergleich erst nach der Initiative durch den Interviewer durch (Z. 1204) und entscheidet sich dann begründet für das richtige Geschenk (Z. 1205).

Während er im **zweiten** Interview in der äquivalenten Situation das kleinste Geschenk als schwerstes benannt hat, wählt er im **dritten** Interview offenbar willkürlich eines aus – es zeichnet sich visuell nicht besonders aus. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass er im **zweiten** Interview die Erfahrung gemacht hat, dass nicht das kleinste Geschenk das schwerste war, was zu einer Umstrukturierung des Konzepts für diese Situation geführt haben könnte. Im **zweiten** Interview war Teil des aktivierten Konzepts, dass „das kleinste Geschenk am schwersten sein kann“. Dies hat sich im **dritten** Interview zu „das größte muss nicht das schwerste sein“ modifiziert, da er sich hier nicht für ein Geschenk mit einem herausstechenden größenspezifischen Merkmal entscheidet. Der manuelle Vergleich als Entscheidungsmoment stellt für ihn jedoch weiterhin nicht die erste Wahl dar, er äußert immer zunächst eine Vermutung: In allen Aufgaben relativiert er seine Entscheidung als möglicherweise zutreffend. Für sein Konzept von Gewichtsvergleich heißt das, dass ihm bewusst ist, dass „größer nicht zwingend schwerer ist“. Auffällig ist aber, dass dieses Teilkonzept dominiert.

In den vorangegangenen Beispielen hat Manuel jeweils das Konzept aktiviert, das vorsieht, sich ohne manuellen Vergleich für den kleineren bzw. kleinsten Gegenstand zu entscheiden. Die beiden folgenden Ausschnitte aus dem zweiten und dritten Interview zeigen sein Vorgehen bei der Entscheidung, wenn größenidentische Verpackungsgegenstände vorliegen (Aufgabe 1.6a):

(Int. 2.1, 14:50-16:29)

- 1206 I: *Was ist schwerer?*  
 1207 M: (...) Die (zeigt auf die eine Filmdose).  
 1208 I: *Warum die?*  
 1209 M: *Weil die vielleicht schwerer ist als die.*  
 1210 I: *Ich möchte kein 'vielleicht', ich möchte, 'ich weiß', dass die schwerer ist.*  
 1211 M: (zeigt auf die gleiche Dose noch einmal) *Ich weiß, dass die schwerer ist.*  
 1212 I: *Woher weißt du das?*  
 1213 M: *Weil die vom Aussehen viel schwerer aussieht.*  
 1214 I: *Mhm, woran siehst du das denn?*  
 1215 M: *Mm* (betrachtet die beiden Dosen von außen). (13 Sek.) *Also sehen kann ich's ja nicht. Ich kann ja nicht dadurch gucken.*  
 1216 I: *Mhm.*  
 1217 M: *Aber ich glaub, dass die schwerer ist.*  
 1218 I: *Aber ich möchte es genau wissen.*  
 1219 M: *Ich weiß es eben, dass es schwerer ist.*  
 1220 I: (...) *Was müsstest du denn machen, damit du's wirklich genau weißt? Kannst du es von außen sehen?*  
 1221 M: *Dann müsst' ich sie in die Hand nehmen* (deutet mit den Händen die Handwaage an und vergleicht dann die beiden Dosen manuell miteinander). *Die hier ist schwerer* (hält die schwerere etwas höher und stellt dann die beiden Dosen auf den Tisch).  
 1222 I: (stellt eine weitere Dose auf den Tisch und die leichtere Dose an die Seite). *Welche ist von den beiden schwerer?*  
 1223 M: *Die* (zeigt auf die neu hinzugestellte Dose).  
 1224 I: *Wieso die?*  
 1225 M: *Weil ich weiß, dass die schwerer ist.*  
 1226 I: *Warum weißt du das denn?*  
 1227 M: *Also durchsehen kann ich nicht. (...) Aber die. Ich weiß, dass die schwerer ist.*  
 1228 I: *Nimm sie trotzdem noch mal in die Hände.*  
 1229 M: (vergleicht die Dosen per Handwaage) *Ja, die ist schwerer.*  
 1230 I: *Kann man das denn von außen sehen? <Dass die schwerer> ist?*  
 1231 M: (verneinend) *<Mhm>.*  
 1232 I: *Hättest du es also entscheiden können, so von außen?*  
 1233 M: *Nee, aber ich hab einfach mal auf die getippt.*

(Int. 3.1, 18:29-19:38)

- 1234 I: (legt zwei Streichholzschachteln auf den Tisch) *Hier sind Streichholzschachteln. Welche ist schwerer?*  
 1235 M: (6 Sek.) *Ich glaube, die rote* (zeigt auf die rote Streichholzschachtel). *Weil es kann ja sein, dass in der roten mehr drin ist als in der gelben.*  
 1236 I: *Mhm. Kannst du das denn so entscheiden?*  
 1237 M: (verneinend) *Mhm. Man müsste die schon in die Hand nehmen* (vergleicht die beiden Streichholzschachteln per Handwaage, schüttelt sie dabei auch) *Die rote ist schwerer, weil in der gelben weniger drin ist als in der.*

**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere, im ersten Interview auch unterschiedlich große, im zweiten und dritten Interview gleich große Gegenstände. Der Interviewer schiebt die zwei schweren Gegenstände direkt vor das Kind: *Was ist schwerer?* Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält das Kind die Aufforderung, den leichteren Gegenstand mit dem dritten (noch leichteren) zu vergleichen: *Welcher ist von diesen beiden schwerer?* Abschließend stehen alle drei Gegenstände vor dem Kind: *Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht.*

1. Interview: Klebstoff-Flaschen
2. Interview: Filmdosen
3. Interview: Streichholzschachteln

- 1238 I: *Mhm* (legt die rote Schachtel an die Seite und dafür eine blaue Schachtel neben die gelbe)  
*Und welche ist von den beiden schwerer?*
- 1239 M: (4 Sek.) *Ich mein, die (.) blaue* (zeigt auf die blaue Streichholzschachtel). (...) (vergleicht die beiden Streichholzschachteln per Handwaage). *In der [blauen] sind weniger drin als in der [gelben].*
- 1240 I: *Und welche ist schwerer?*
- 1241 M: (.) *Die gelbe.*

Obwohl sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview in dieser Aufgabe jeweils drei identische Verpackungen (Filmdosen bzw. Streichholzschachteln) vorliegen, versucht Manuel zu beiden Interviewzeitpunkten eine Aussage bezüglich des Gewichts zu machen, ohne das Gewicht der Gegenstände in irgendeiner Form erfahren zu haben.

Im **zweiten** Interview begründet er seine Entscheidung über das Aussehen (Z. 1213). Das ist schwierig nachvollziehbar bei Gegenständen, die identisch sind in Form und Größe. Als er auf diesen Konflikt angesprochen wird, bestätigt er, dass es tatsächlich nicht sichtbar ist, da er den Inhalt nicht sehen kann (Z. 1215). Trotzdem beharrt er auf seiner Wahl, die wie in anderen innerhalb dieses Kapitels beschriebenen Situationen einem Tipp entspricht (Z. 1233). Wieder will der Interviewer einen manuellen Vergleich initiieren (Z. 1210), doch das gelingt nicht sofort. Manuel ersetzt in seiner Wortwahl „glauben“ (Z. 1217) durch „wissen“ (Z. 1219), was zu einem inneren Konflikt führen müsste – denn sehen kann er es nicht (Z. 1215), und geprüft hat er das Gewicht auch nicht. Es entsteht jedoch kein innerer Konflikt (was die Frage aufwirft, wie Manuels Konzept von „wissen“ aussieht).

Erst nachdem der Interviewer zur Aktion auffordert (Z. 1220), wird der manuelle Vergleich angesprochen. Beim folgenden Vergleich steht zunächst offensichtlich wieder das „Tipp-Abgeben“ im Vordergrund, denn obwohl unmittelbar vorher zum manuellen Vergleich aufgefordert, trifft Manuel eine Entscheidung ohne manuelle Kontrolle. In der von ihm gewählten Wortwahl zeigt sich eine Veränderung des vorherigen Konzepts, da er offensichtlich gespeichert hat, dass der Interviewer die Wortwahl „wissen“ statt „glauben“ präferiert (Z. 1225). Das vom Interviewer intendierte Verständnis, dass eine in jedem Fall richtige Aussage ohne manuelles Vergleichen nicht möglich ist, zeigt er nicht.

Im **dritten** Interview gibt er wieder jeweils zunächst eine Vorentscheidung ab (Z. 1235, 1239), wobei er anders als im zweiten Interview nicht über das Aussehen, sondern über mögliche Inhalte argumentiert (Z. 1235). Durch die Argumentationsstruktur wird deutlich, dass seine erste Entscheidung wieder als Tipp zu verstehen ist. Im ersten Vergleichsfall wird er durch den Interviewer indirekt auf den manuellen Vergleich hingewiesen (Z. 1236), im zweiten Vergleich führt er diesen eigeninitiativ durch (Z. 1239). Er äußert zwar eine Vermutung, schließt aber unmittelbar einen manuellen Vergleich an, der seine Vermutung widerlegt. Das zeigt, dass er ein Konzept aktiviert hat, das den manuellen Vergleich als Entscheidungsgrundlage beinhaltet.

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview ist bei Manuel ein Konzept aktiviert, das impliziert, dass er zunächst einen Tipp abgibt. Er weiß, dass es sich bei diesen Äußerungen um Vermutungen handelt, denn spätestens, wenn er darauf angesprochen wird, kann er den manuellen Vergleich aktivieren.

Die folgenden Ausschnitte zeigen Manuels Vorgehen bei Gegenständen mit unterschiedlicher Dichte, bei denen er offensichtlich über Gewichtsvorstellungen verfügt (Aufgabe 1.2):

**Aufgabe 1.2:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Gegenstände, der Gewichtsunterschied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehmbar: Was ist schwerer? - 2. Interview: Servietten – Pralinenpackung; 3. Interview: Servietten – CD-Slim-Case

(Int. 2.1, 02:31-03:27)

1242 I: Was ist schwerer?

1243 M: (..) Ich glaub, die Pralinen.

1244 I: Wieso glaubst du, die Pralinen?

1245 M: Weil da (..) mehr drin sind als da. Sind ja nur Papier, das kann ja auch leicht sein wie Federn.

1246 I: Mhm (11 Sek.) Möchtest du es so entscheiden oder sie noch anfassen?

1247 M: (nickt) Anfassen.

1248 I: Du kannst das von mir aus auch immer sofort machen.

1249 M: (vergleicht Pralinen und Servietten per Handwaage miteinander) (20 Sek.) Beide gleich schwer.

(Int. 3.1, 03:15-04:20)

1250 I: Was ist denn hiervon schwerer?

1251 M: (18 Sek.) Dies (zeigt auf die CD-Hülle) ist schwerer. (..) Weil die [zeigt auf die Servietten] sind ja fast so leicht wie 'ne Feder.

1252 I: Mhm. Woher weißt du das?

1253 M: (..) Weil das [CD-Hülle] ist ja normal schwerer als 'ne Feder und das [Servietten] wiegt ja so viel wie 'ne Feder.

1254 I: Mhm. Und woher weißt du, dass die Servietten so viel wie eine Feder wiegen?

1255 M: Weil ich das mal vergleicht habe. Ich habe 'ne Feder und hier die Servietten [Er beruft sich auf einen Vergleich außerhalb des Interviews und versucht auszudrücken: „Ich habe eine Feder in die eine Hand genommen und die Servietten in die andere.“] Beide gleich schwer.

1256 I: Möchtest du das noch kontrollieren?

1257 M: Ja (vergleicht CD-Hülle und Servietten per Handwaage) Also ich mein, dass das gleich schwer ist, aber das ist auch schwer herauszufinden, wenn die fast gleich viel wiegen.

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview steht der manuelle Vergleich in dieser Vergleichssituation im Hintergrund. Manuel argumentiert mit Gewichtsvorstellungen über die vorliegenden Gegenstände; in beiden Interviews führt er für Papier den Vergleich „leicht wie eine Feder“ an (Z. 1245, 1251). Im dritten Interview beruft er sich sogar darauf, dass er eine Feder schon einmal mit einer Packung Servietten manuell verglichen habe (Z. 1255) (das klingt eher unwahrscheinlich). In beiden Interviews entscheidet er sich trotz der vorangegangenen Erklärung beim dazu aufgeforderten manuellen Gewichtsvergleich für Gewichtsgleichheit.

Bei der Aufgabe 1.3 im **zweiten** Interview aktiviert Manuel zunächst das Konzept der Dichtegleichheit:

(Int. 2.1, 05:05-07:52)

- 1258 I: *Welche Papp-Platte ist genauso schwer wie diese Stahlplatte?*
- 1259 M: (5 Sek.) *Ich glaube, (..) die* (zeigt auf die größenidentische Papp-Platte).
- 1260 I: *Wieso glaubst du, die?*
- 1261 M: *Weil die zwei* (zeigt auf die Stahl- und die Papp-Platte) *Sachen gleich groß sind.*
- 1262 I: *Mhm.*
- 1263 M: (7 Sek.) *Ich glaub, dass die gleich schwer sind.*
- 1264 I: *Mhm. (8 Sek.) Guck mal, ob du es vielleicht fühlen kannst.*
- 1265 M: (vergleicht die beiden Platten per Handwaage) *Die [Stahlplatte] ist etwas noch schwerer als die [Papp-Platte]. (13 Sek.) Dann müssen wir die* (zeigt auf die nächstgrößere Papp-Platte) *und die [Stahlplatte] probieren* (vergleicht die beiden Platten per Handwaage).
- 1266 I: *Wieso müssen wir dann die beiden ausprobieren?*
- 1267 M: *Weil die [größenidentische] war ja zu leicht. (..) Die sind jetzt gleich schwer* (legt die Platten wieder auf den Tisch). (...)
- 1268 I: *Willst du noch mehr probieren?*
- 1269 M: (verneinend) *Mhm.*
- 1270 I: *Wie erklärst du dir das denn, dass die nicht gleich groß sind* (zeigt auf die beiden Platten, die M. als gleich schwer empfunden hat)?
- 1271 M: (..) *Weil wenn du diese [Stahlplatte] jetzt da* [auf die Papp-Platte] *drauf legst, dann siehst du ja, dass diese Platte [Papp-Platte] viel größer ist.*
- 1272 I: *Mhm. (..) Aber wieso ist denn diese Papp-Platte größer als die Stahlplatte und trotzdem sind die beiden Platten gleich schwer? (12 Sek.) Woran kann das liegen?*
- 1273 M: *Weil das vielleicht schwerere Pappe ist.*
- 1274 I: *Schwerere Pappe als was?*
- 1275 M: *Als die anderen Pappen.*
- 1276 I: *Das ist alles die gleiche Pappe. (33 Sek.) Hast du 'ne Idee?*
- 1277 M: (verneinend) *Mhm.*

**Aufgabe 1.3** (nur 2. und 3. Interview): Vor dem Kind liegen 5 (3. Interview: 6) unterschiedlich große Papp-Platten sowie eine Stahl- (3. Interview: Moosgummi-)Platte: *Welche Papp-Platte ist genauso schwer wie diese Stahlplatte/Moosgummiplatte?*

Manuel ist offensichtlich mit dem vorliegenden Material (Stahl, Pappe) nicht vertraut. So ist zu erklären, dass er sich zunächst für die größenidentische Papp-Platte entscheidet (Z. 1259). Dies spricht dafür, dass er das Konzept für Dichtegleichheit aktiviert hat. Als er beim manuellen Vergleich, zu dem er aufgefordert werden muss, feststellt, dass die Papp-Platte leichter ist, wählt er folgerichtig die nächstgrößere (Z. 1265). Seine Begründung (Z. 1273) zeigt dabei, dass ihm weiterhin nicht bewusst ist, dass Stahl eine höhere Dichte als Pappe besitzt. Er führt den Größenunterschied auf unterschiedliche Dichten bei den Papp-Platten zurück (Z. 1275).

Im **dritten** Interview dagegen sind ihm die vorliegenden Materialien offensichtlich bekannt:

(Int. 3.1, 06:43-11:30)

- 1278 I: *Finde die Papp-Platte heraus, die genauso schwer ist wie die Moosgummiplatte.*
- 1279 M: (betrachtet die Platten) (5 Sek.) *Die* (zeigt auf die zweitkleinste Papp-Platte, im Folgenden P<sub>1</sub>).
- 1280 I: *Wieso meinst du, dass das die ist?*
- 1281 M: *Weil die* (zeigt auf P<sub>1</sub>) *ist kleiner und das* (zeigt auf die Moosgummiplatte, im Folgenden M) *ist ja nicht so schwer.*
- 1282 I: *Mhm.*
- 1283 M: *Deswegen hab ich mir das so gedacht.*
- 1284 I: *Mhm.*
- 1285 M: (6 Sek.) (vergleicht P<sub>1</sub> und M) *Zu schwer.*

- 1286 I: *Was ist schwerer?*  
 1287 M: *Die ehm* (zeigt auf M)  
 1288 I: *Moosgummiplatte?*  
 1289 M: *Ja.* (6 Sek.) *Die könnte aber auch* (zeigt auf die nächstgrößere Papp-Platte, im Folgenden P<sub>2</sub>).  
 1290 I: *Warum hast du dich dann jetzt für die entschieden?*  
 1291 M: *Weil die [P<sub>2</sub>] ja etwas größer ist als die [P<sub>1</sub>]. Und es kann ja sein. Weil die [P<sub>2</sub>] größer ist, dass die [P<sub>2</sub>] schwerer ist* (vergleicht P<sub>2</sub> und M) *Die [P<sub>2</sub>] hier ist schwerer. Aber ich soll ja eine finden, die gleich schwer ist.*  
 1292 I: (4 Sek.) *Also du bist dir sicher, dass die [P<sub>1</sub>] leichter ist und die [P<sub>2</sub>] schwerer?*  
 1293 M: (nickt)  
 1294 I: *Das ist alles die gleiche Pappe. (...) Das war ein großes Pappstück.* (12 Sek.) *Was überlegst du?*  
 1295 M: *Welche ich als nächstes nehmen soll.* (6 Sek.) *Ich würd sagen die* (zeigt auf die größenidentische Papp-Platte, die größer ist als P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub>, im Folgenden P<sub>3</sub>).  
 1296 I: *Warum würdest du dann jetzt sagen, die?*  
 1297 M: *Weil die fast gleich groß sind.*  
 1298 I: (...) *Was war denn als du die beiden [P<sub>2</sub> und M] verglichen hast?*  
 1299 M: *Da war die [P<sub>2</sub>] etwas schwerer. (...) Also müsste ich ja eigentlich eine kleinere nehmen.*  
 1300 I: (16 Sek.) *Und was war mit der kleineren [P<sub>1</sub>]?*  
 1301 M: (6 Sek.) *Die war etwas (.) leichter.*  
 1302 I: (7 Sek.) *Du kannst die ja noch mal kontrollieren, wenn du keine findest, ist es ja auch nicht schlimm.*  
 1303 M: (vergleicht noch einmal P<sub>1</sub> und M per Handwaage)  
 1304 I: *Vielleicht ist ja auch gar keine gleich schwere dabei.*  
 1305 M: (29 Sek.) *Ich mein, die sind jetzt gleich schwer [P<sub>1</sub> und M].*  
 1306 I: *Ganz überzeugt wirkst du aber nicht.*  
 1307 M: (verneinend) *Mhm.*  
 1308 I: *Was denkst du denn eigentlich?*  
 1309 M: *Weil die [M] ja dicker ist, ist sie ja auch schwerer. Und die [P<sub>1</sub>] ist ja dünner. (...) Aber ich soll ja die gleich schwere Platte finden.*  
 1310 I: (5 Sek.) *Was würdest du denn jetzt sagen, nachdem du es gerade noch einmal verglichen hast? Welche ist denn dann schwerer, wenn du sie nicht gleich schwer findest?*  
 1311 M: (...) *Die.*  
 1312 I: *Welche findest du schwerer, die Moosgummiplatte?*  
 1313 M: *Ja.*  
 1314 I: *Das hieße ja doch dann, vielleicht die* (zeigt auf P<sub>2</sub>).  
 1315 M: *Ja.*  
 1316 M: (vergleicht P<sub>2</sub> und M) *Ja, die sind gleich schwer.*  
 1317 I: *Gerade eben hattest du gemeint, die [P<sub>2</sub>] wär 'n bisschen zu schwer.*  
 1318 M: *Hatte ich mich wahrscheinlich vertan.*

Manuel entscheidet sich spontan für eine kleinere Papp-Platte als die Moosgummiplatte und begründet dies über den ihm bekannten Dichteunterschied, aus dem er folgerichtig auf eine kleinere Papp-Platte schließt. Beim manuellen Vergleich fühlt er sich jedoch nicht bestätigt (P<sub>1</sub> ist auch leichter als die Moosgummiplatte), weswegen er (wieder folgerichtig) die nächstgrößere Papp-Platte wählt, die er jedoch als zu schwer wahrnimmt. Dies führt offensichtlich zu einem inneren Konflikt, da seiner Ansicht nach die eine Platte zu leicht, die nächstgrößere dagegen zu schwer ist. Manuel sucht also nach einer Platte P, die größer (und somit schwerer) als P<sub>1</sub>, aber kleiner (und somit leichter) als P<sub>2</sub> ist, denn nur eine solche Pappe kann genauso schwer sein wie die Moosgummiplatte. Eine solche Pappe gibt es aber nicht. Der folgende Teil der Sequenz zeigt, dass Manuel drei verschiedene Wege einschlägt, um den Konflikt zu lösen:



1. Er verwirft seine Annahme der unterschiedlichen Materialdichte zugunsten der Annahme gleicher Materialdichte. Das jedenfalls erklärt, warum er  $P_3$  wählt (Z. 1295). Er begründet die Wahl auch mit der (nahezu) identischen Größe von  $P_3$  und M. Weil diese Wahl aber den gefühlten Vergleichen ( $P_1$  mit M;  $P_2$  mit M) widerspricht, weil  $P_3$  größer ist als  $P_1$  und  $P_2$ , verwirft er diesen „Ausweg“ schnell wieder (Z. 1299).
2. Er verwirft seinen Schluss, dass  $P_1$  leichter ist als die Moosgummiplatte, und führt einen erneuten Vergleich durch.  $P_1$  erfüllt die nötige Eigenschaft der gesuchten Platte P, aufgrund des Dichteunterschieds kleiner zu sein als die Moosgummiplatte. Nach dem Vergleich entscheidet er sich dafür, dass  $P_1$  und die Moosgummiplatte gleich schwer sind (Z. 1305). Die extrem lange Pause (29 Sekunden) und Zögerlichkeit in der Stimme veranlassen den Interviewer, seine Entscheidung zu hinterfragen (Z. 1306, 1308, 1310), woraufhin Manuel auch diesen „Ausweg“ mit dem erneuten Schluss, dass  $P_1$  leichter ist als die Moosgummiplatte, verwirft (Z. 1313).
3. Er verwirft seine ursprüngliche Schlussfolgerung, dass  $P_2$  schwerer ist als die Moosgummiplatte, und führt auch hier eine erneute Kontrolle durch.  $P_2$  erfüllt die Eigenschaften, zum einen kleiner zu sein als die Moosgummiplatte (Dichteunterschied) und zum anderen größer zu sein als  $P_1$ . Nach erneutem Vergleich entscheidet er schließlich, dass  $P_2$  genauso schwer ist wie die Moosgummiplatte (Z. 1316). Dass dies seiner ursprünglichen Einschätzung widerspricht, begründet er durch einen Irrtum (Z. 1318) – er bestätigt hiermit noch einmal den Verwurf dieser Einschätzung.

Ausweg 1 wählt er vollständig eigeninitiativ, bei den Auswegen 2 und 3 wird er durch den Interviewer unterstützt.

Das Interviewbeispiel zeigt jedenfalls, dass Manuel aufgrund der Kenntnis der Materialien Pappe und Moosgummi in der Lage ist, aus der unterschiedlichen Dichte zu schlussfolgern, dass eine gewichtsidentische Papp-Platte kleiner sein muss als die Moosgummiplatte. Dies gelang ihm im zweiten Interview nicht, da ihm bei den Materialien Stahl und Pappe der Dichteunterschied nicht bewusst war. Hier finden sich Subjektive Erfahrungsbereiche: Bei bekannten Materialien kann er den Dichteunterschied als relevante Eigenschaft mit den daraus folgenden Konsequenzen einbeziehen, bei ihm unbekannten Materialien auch dann nicht, wenn er ihn erfahren hat.

Der folgende Ausschnitt aus dem **zweiten** Interview zeigt Manuels Vorgehen in Aufgabe 1.4.

(Int. 2.1, 08:12-10:50)

- 1319 I: *Hier ist Knete für dich, da ist eine Knetrolle. Ich möchte, dass du eine Knetrolle knetest aus der Knete, die genauso schwer ist wie diese Knetrolle.*

Aufgabe 1.4 im zweiten Interview: Vor dem Kind liegen eine Knetrolle sowie Knetmasse: *Forme eine Rolle, die genauso schwer ist wie diese Rolle.*

- 1320 M: (beginnt sofort zu kneten, er knetet eine Rolle, die ungefähr so groß ist wie die Vergleichsrolle. Als er fertig ist legt er seine Rolle neben die Vergleichsrolle.) *So.*
- 1321 I: *Was ist „so“?*
- 1322 M: *Bin fertig.*
- 1323 I: *Womit bist du fertig?*
- 1324 M: *Mit der Rolle.*
- 1325 I: *Was ist denn mit den beiden Rollen?*
- 1326 M: *(..) Ich meine, dass die beide gleich schwer sind.*
- 1327 I: *Woher weißt du das?*
- 1328 M: *Tipp ich mal so.*
- 1329 I: *(..) Wieso tippst du das so?*
- 1330 M: *(5 Sek) Weil ich das einfach mal so tippe.*
- 1331 I: *Mhm. Wir möchten es aber genau wissen.*
- 1332 M: *Dann muss ich die in die Hand nehmen (vergleicht die beiden Rollen per Handwaage). Die [seine Rolle] ist schwerer, und die [Vergleichsrolle] ist leichter.*
- 1333 I: *Mhm.*
- 1334 M: *Dann muss ich 'n bisschen abnehmen (verkleinert seine Rolle, zwischendurch führt er paarweise manuelle Vergleiche durch, bis er findet, dass sie sich gleich schwer anfühlen). Jetzt sind sie gleich schwer.*

Er hat den im ersten Interview erfahrenen Dichteunterschied bei den Knetmasse nicht gespeichert, was dazu führt, dass er eine nahezu größenidentische Knetrolle knetet, ohne einen manuellen Vergleich durchzuführen. Deshalb wäre zu erwarten gewesen, dass er seine Entscheidung der Gewichtsgleichheit (Z. 1326) mit der Größengleichheit begründet. Stattdessen sagt er, dass er „*tippst*“. Das ist dieselbe Wortwahl wie bei den Aufgaben zu verpackten Gegenständen (Z. 1183, 1185). Die dort mögliche Erklärung (er deutet die Aufgabenstellung um) scheint hier nicht passend. Und anders als in Zeile 1210ff. (S. 200) impliziert für ihn hier die Forderung des Interviewers nach „wissen“ einen manuellen Vergleich mit anschließender Korrektur. In dieser Situation ist die Notwendigkeit eines manuellen Vergleichs offensichtlich Bestandteil seines aktivierten Konzepts.

In dieser Aufgabe hat er ein Konzept aktiviert, das Dichtegleichheit voraussetzt und bei dem dementsprechend aus gleicher Größe gleiches Gewicht folgt.

Die folgenden beiden Interviewausschnitte zeigen, wie Manuel im **zweiten** sowie **dritten** Interview beim Gewichtsvergleich von zwei Mengen mit unterschiedlicher Dichte vorgeht, bei der er aufgefordert ist, die eine Menge aktiv abzufüllen (Aufgabe 2.5):

- |  |  |
|--|--|
| <p>(Int. 2.2, 41:07-41:29)</p> <p>1335 I: <i>Fülle in den leeren Becher so viel Zucker, dass die beiden Becher gleich schwer sind.</i></p> <p>1336 M: <i>(füllt so viel Zucker in den Becher, dass die beiden Becher die gleiche Füllhöhe haben) So.</i></p> <p>1337 I: <i>Fertig?</i></p> <p>1338 M: <i>Ja.</i></p> | <p>(Int. 3.2, 45:57-47:06)</p> <p>1339 I: <i>Die Reistüte soll genauso schwer sein wie die Nudeltüte.</i></p> <p>1340 M: <i>(löffelt Reis in die Tüte, begutachtet abschließend die Menge – die Tüten sind ungefähr gleich voll) So.</i></p> |
|--|--|

**Aufgabe 2.5:** Vor dem Kind liegen Materialien mit offensichtlich unterschiedlicher Dichte. Das eine Material ist bereits in einer gewissen Menge abgefüllt, von dem anderen Material steht eine große Menge zur Verfügung. Das Kind ist aufgefordert, von dem zweiten Material so viel abzufüllen, dass die beiden Materialmengen gleich schwer sind.

2. Interview: Zucker – Cornflakes/3. Interview: Reis – Nudeln

Während Manuel im ersten Interview in der äquivalenten Aufgabe unmittelbar auf ein Konzept zurückgriff, das unterschiedliche Dichte voraussetzte, aktiviert er sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview ein Konzept, das von Dichtegleichheit ausgeht. Dies führt dazu, dass er in beiden Situationen Volumengleichheit herstellt und auch keine manuellen Vergleiche durchführt, denn die sind bei Dichte- und Volumengleichheit nicht nötig. Insbesondere im zweiten Interview überrascht die Annahme von Dichtegleichheit, da der Dichteunterschied von Cornflakes (verstärkt durch die Hohlräume im gefüllten Becher) und Zucker recht offensichtlich wahrnehmbar sein müsste. In beiden Interviews hätte ein manueller Vergleich dazu geführt, den Gewichtsunterschied wahrnehmen zu können, da es sich um verhältnismäßig große Gewichtsunterschiede handelt. Den Zuckerbecher befüllte er mit 232g Zucker, während der andere Becher nur 62g Cornflakes beinhaltete. Beim Reis füllte er 515g (gegenüber 190g Nudeln) ab.

Der folgende Ausschnitt aus dem **dritten** Interview (Aufgabe 1.4b) zeigt, dass Manuel in einer anderen Situation im dritten Interview dagegen in der Lage ist, ein Konzept zu aktivieren, das den Umgang mit unterschiedlicher Dichte beinhaltet:

**Aufgabe 1.4b:** Vor dem Kind liegen eine Plastikkugel sowie Knetmasse: *Forme eine Kugel, die genauso schwer ist wie diese Kugel.*

(Int. 3.1, 12:05-14:23)

1341 I: *Knete eine Kugel, die genauso schwer ist wie diese Plastikkugel.*

1342 M: (beginnt, eine Kugel zu formen, die kleiner ist als die Vergleichskugel; zwischendurch vergleicht er die beiden Kugeln per Handwaage und fügt weitere Knete hinzu oder nimmt welche weg) *Jetzt sind sie gleich schwer.*

Manuel knetet sofort eine kleinere Kugel. Während des Knetprozesses vergleicht er das Gewicht der beiden Kugeln paarweise manuell miteinander. Er greift also auf ein Konzept zurück, das den Dichteunterschied als relevante Eigenschaft beinhaltet, was für ihn impliziert, dass er manuelle Vergleiche in den Entscheidungsprozess mit einbezieht. In dieser Situation fühlt er sich auch nicht – wie in vielen anderen Fällen (s.o.) – verpflichtet, zunächst einen „Tipp“ abzugeben.

(Int. 3.1, 16:05-16:21)

1343 I: *Was ist denn mit den beiden Kugeln?*

1344 M: *Die sind jetzt gleich schwer, obwohl die braune (zeigt auf die Knetkugel) kleiner ist.*

1345 I: *Hast du eine Erklärung dafür, warum die braune Kugel kleiner ist?*

1346 M: *Weil die Knete vielleicht etwas schwerer war.*

Als Manuel aufgefordert ist, eine Erklärung für den Größenunterschied der beiden Kugeln abzugeben, vermutet er, dass es daran liegt, dass die Knete „schwerer“ ist (Z. 1346), wobei er nicht genauer ausführt, als was. Entweder meint er, dass die Knete schwerer ist als das Plastikmaterial, aus dem die Vergleichskugel besteht oder bei dieser Erklärung schwingt mit, dass er im ersten und zweiten Interview die Erfahrung gemacht hat, dass es Kneten mit unterschiedlichen Dichten gibt, es also schwerere und leichtere Knete gibt. Auf die Tatsache, dass die Plastikkugel einen Hohlraum hat und damit aus zwei Stoffen (Kunststoff, Luft) besteht, geht er nicht ein.

Sowohl in seinem Vorgehen als auch in seiner Begründung ist er hier sehr zielstrebig und sicher und verzichtet auch auf den „Tipp“ – es wirkt, als habe er eine Entwicklung vollzogen.

### **Zusammenfassung: Gewichtsvergleich**

Es fällt auf, dass Manuel in vielen Aufgaben seine (erste) Entscheidung als „Tipp“ bezeichnet. Das betrifft stets Situationen, in denen eine Entscheidung ohne manuellen Gewichtsvergleich nicht möglich ist, er diesen aber nicht durchführt. Der Grund dafür ist nicht klar auszumachen. Eine mögliche Deutung ist, dass er die Aufgabenstellung uminterpretiert und davon ausgeht, dass er zunächst eine Schätzung abgeben soll; oder er will mit seiner Wortwahl deutlich machen, dass die Entscheidung ohne den manuellen Vergleich nicht möglich ist. In den meisten Fällen führt er diesen erst durch, wenn er explizit zu einer sicheren Entscheidung aufgefordert ist. In wenigen Fällen führt er den manuellen Vergleich sofort durch. Eine dritte mögliche Deutung ist, dass er durch das gewählte Wort *tippen* verdeutlichen will, dass es sich um ein einfaches Raten handelt. Warum Manuel in so vielen Fällen zunächst einen Tipp abgibt und eine explizite Aufforderung für eine sichere Entscheidung benötigt, bleibt offen. Dies entspricht seinem Vorgehen im ersten Interview.

Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview finden sich weiterhin Situationen, in denen er – wie auch schon im ersten Interview – das Konzept aktiviert, in dem er sich ohne Gewichtskontrolle für den kleineren Gegenstand als den schwereren entscheidet, was vermutlich aus der Erfahrung resultiert, dass dies der Lösung in der ersten Interviewaufgabe im ersten Interview entsprach.

Für das in der Aufgabe zum Geschenkvergleich (Aufgabe 1.1b) aktivierte Konzept lässt sich vom zweiten zum dritten Interview eine Umstrukturierung feststellen. Im zweiten Interview war Teil des aktivierten Konzepts, dass „das kleinste Geschenk am schwersten sein kann“, was mit der Erfahrung aus der ersten Aufgabe im ersten Interview (s.o.) zusammenhängen kann. Dies hat sich im dritten Interview zu „das größte muss nicht das schwerste sein“ modifiziert, da er sich hier nicht für ein Geschenk mit einem herausstechenden größenspezifischen Merkmal entscheidet. Der manuelle Vergleich als Entscheidungsmoment stellt für ihn jedoch weiterhin nicht die erste Wahl dar, was damit zusammenhängt, dass er das Gefühl hat, dass er immer zunächst eine Vermutung äußern soll: In allen Aufgaben begründet er seine Wahl mit der Betonung der „Möglichkeit“. Für sein Konzept von Gewichtsvergleich heißt das, dass ihm bewusst ist, dass „größer nicht zwingend schwerer ist“. Auffällig ist aber, dass das Teilkonzept „größer ist schwerer“ dennoch dominiert.

Es lassen sich Subjektive Erfahrungsbereiche bezüglich des Umgangs von Materialien mit unterschiedlicher Dichte identifizieren, wo er manche Konzepte nur in bestimmten Kontexten aktivieren kann: Bei bekannten Materialien kann er den Dichteunterschied

als relevante Eigenschaft mit den daraus folgenden Konsequenzen einbeziehen, bei ihm unbekannten Materialien, bei denen er aufgrund von durchgeführten Gewichtsvergleichen auf einen Dichteunterschied schließen könnte, gelingt ihm dies nicht. Dies führt dazu, dass, wenn ihm der Dichteunterschied bewusst ist, er ihn mit einbezieht. Manuels Vorgehen zeigt, dass er über Wissen über den Dichteunterschied beim Materialvergleich von Moosgummi und Stahl verfügt. Die Materialien Pappe und Stahl sind ihm bezüglich ihres Dichteunterschiedes dagegen nicht bekannt. Beim Abfüllen von Materialien fällt im Gegensatz zum ersten Interview, in dem er den Dichteunterschied von Sand und Nudeln erkannte, auf, dass ihm z.B. der von Cornflakes versus Zucker nicht bewusst ist.

### Konzept: Invarianz

Im ersten Interview hatte sich gezeigt, dass Manuel noch über ein sehr instabiles Invarianzverständnis für die Eigenschaft Gewicht verfügt hat (S. 175). Er befand sich nach PIAGET in einem Übergangsstadium: Neben einem situationsabhängigen Invarianzkonzept fand sich noch ein Konzept, das die Vorstellung beinhaltete, dass eine Formveränderung des Gegenstandes Einfluss auf sein Gewicht nimmt, wobei er dieses Konzept sowohl für die Begründung heranzog, dass der verformte Gegenstand aufgrund der Verformung schwerer wird, als auch dafür, dass er dadurch leichter wird. Diese Instabilität findet sich weder im **zweiten** noch im **dritten** Interview, wie die folgenden Ausschnitte aus Aufgabe 1.5 zeigen:

**Aufgabe 1.5:** Vor dem Kind liegen die beiden gleich schweren Kugeln (Rollen) aus der vorangegangenen Aufgabe (1.4). Der Interviewer verformt vor den Augen des Kindes die Knetkugel bzw. -rolle des Kindes zu einer flachen Platte bzw. Kugel): *Was ist schwerer: die Kugel bzw. Rolle oder die Platte bzw. Kugel?* Anschließend wird die vorab entstandene flache Platte (bzw. Kugel) durch den Interviewer in kleine Einzelteile zerlegt: *Was ist schwerer?*

- (Int. 2.1, 13:00-14:32)
- 1347 I: (zerteilt die Schülerrolle in kleine Einzelteile) *Lauter kleine Stücke. Die alle zusammen und die Knetrolle, was ist schwerer?*
- 1348 M: (...) *Ich tipp mal die Knetrolle, weil die. (.) Nee, gleich. (.) Weil die kleinen, die waren ja in einer ganz zusammen und wenn ich die jetzt alle auf der [Waage] drauflege, dann sind sie gleich.*
- 1349 I: *Mhm* (nimmt die Einzelknetstücke zusammen in die Hand). *Und jetzt knete ich eine Kugel* (formt die Knete zu einer Kugel, die sie auf den Tisch legt). *<Was ist schwerer?>*
- 1350 M: *<Beide gleich>*
- 1351 I: *Wieso ist das immer noch gleich?*
- 1352 M: *Weil das [die Kugel] ja erst 'ne Rolle war genau wie die* (zeigt auf die Vergleichsrolle). *Bloß kleiner. (.) Und dann sind sie immer noch gleich.*

- (Int. 3.1, 16:34-18:10)
- 1353 I: (zerteilt die Schülerkugel in kleine Einzelteile) *Diese Stücke alle zusammen* (umkreist die Einzelteile) *oder die eine Kugel, was ist schwerer?*
- 1354 M: (4 Sek.) *Gar keins von beiden.*
- 1355 I: *Warum gar keins von beiden?*
- 1356 M: *Weil in der Kugel waren ja auch kleine Stückchen und die waren ja auch alle zusammen gleich schwer.*
- 1357 I: (knetet die Einzelstücke zusammen zu einer Platte) *Ich mache jetzt eine ganz flache Platte* (knetet weiter). *Diese Platte oder die Kugel, was ist schwerer?*
- 1358 M: (...) *Gar keins von beiden, weil das ist ja gleich schwer. Weil die kleinen Stückchen waren ja genauso schwer wie der Ball. Weil die ja vorher auch ein größerer Ball waren.*

Bereits im **zweiten** Interview zeigt sich, dass Manuel in der entsprechenden Situation sein Invarianzkonzept aktiviert. So äußert er zwar zunächst, dass er die Vergleichsknetrolle für schwerer hält als die kleinen Kugeln, aber in dem Moment, in dem er zu einer Begründung ansetzt, aktiviert er sein Konzept von Invarianz, demzufolge das Zerteilen der Rolle zu keiner Veränderung des Gewichts geführt hat und begründet die Gewichtsgleichheit ohne Aufforderung über die Identität (Z. 1348). In der folgenden Situation, in der er das Gewicht der Knetrolle mit der aus den kleinen Stücken geformten Kugel vergleichen soll, bleibt das Invarianzkonzept aktiviert: Er erkennt die Invarianz und kann sie begründen. Offensichtlich ist sein Konzept für das Invarianzverständnis weiter ausgebaut als zum Zeitpunkt des ersten Interviews: abgesehen von seiner ersten Entscheidung, die er selbständig widerruft, aktiviert er es konsequent.

Im **dritten** Interview verfügt er über ein Invarianzkonzept. In beiden Situationen erkennt und begründet er die Invarianz sofort richtig. Wieder beruft er sich auf die Identität.

### **Zusammenfassung**

Bei Manuels Invarianzkonzept ist im Verlauf der drei Interviews eine deutliche Entwicklung zu beobachten. Während zum Zeitpunkt des ersten Interviews noch zwei Konzepte nebeneinander konkurrierten (Erkennen der Identität sowie Nichterkennen der Kompensation), wird im zweiten und noch deutlicher im dritten Interview von ihm nur noch das Identitätskonzept aktiviert, das dem wissenschaftlichen entspricht. Im ersten Interview zeigte sich neben der dafür konzipierten Interviewaufgabe in einer weiteren Situation sein noch nicht gefestigtes Invarianzkonzept: Hier argumentierte er, dass die Taschentuchpackung beim Zusammendrücken ihr Gewicht verändere (vgl. S. 178). Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview führt er bei entsprechenden Gewichtsentscheidungen dieses Argumentationsstruktur nicht an.

Manuel musste im Rahmen der Interviews in dreimal nahezu identischen Kontexten agieren, so dass er im zweiten und dritten Interview über Erfahrung verfügte. Offen bleibt, wie gut er sein Invarianzkonzept in anderen Situationen aktivieren kann, in denen es relevant ist. In diesem Rahmen jedoch konnte er abschließend problemlos das korrekte Invarianzkonzept spontan aktivieren.

### **Konzept: Transitivität**

Im ersten Interview hatte sich gezeigt, dass Manuel über ein Transitivitätskonzept für die Eigenschaft Gewicht verfügt (S. 181). Dieses Konzept bestätigt sich im **zweiten** und **dritten** Interview, wie die folgenden Ausschnitte aus Aufgabe 1.6a belegen:

(Manuel hat die beiden vorgegebenen paarweisen Vergleiche mit jeweils richtiger Entscheidung durchgeführt.)  
(Int. 2.1, 16:35-17:13)

- 1359 I: *Ich möchte, dass die jetzt nach dem Gewicht sortiert werden. (...) Kannst du mir sagen, welches die leichteste ist, welches die mittlere und welches die schwerste ist? Und ich stell sie nach dem Gewicht sortiert auf.*
- 1360 M: *Also das (zeigt auf die leichteste Dose, (L)) ist die leichteste (I. stellt die Dose hin). Dann die (mittlere, (M)) und dann die (schwerste, (S)) (I. stellt die Dosen nach Anweisung auf).*
- 1361 I: *Woher weißt du denn, dass das so ist?*
- 1362 M: *Weil ich bei den zwei (L, M) gesagt hab, dass die (L) leichter ist. Und bei den zwei (M, S), dass die (S) schwerer ist.*
- 1363 I: *Und was weißt du dann über die beiden (zeigt auf S und L)?*
- 1364 M: *(.) Weil die (L) ja, da war ja so gut wie fast gar nichts drin und die (S) ist fast voll.*

(Manuel hat die beiden vorgegebenen paarweisen Vergleiche mit jeweils richtiger Entscheidung durchgeführt.)  
(Int. 3.1, 19:40-20:32)

- 1365 I: *Jetzt wollen wir die nach dem Gewicht sortiert hinlegen. Welche ist am schwersten?*
- 1366 M: *Die rote (I. legt die rote hin). Dann die gelbe (I. legt die gelbe daneben). Dann die blaue (I. schiebt die blaue neben die gelbe).*
- 1367 I: *Kannst du mir erklären, woher du das weißt?*
- 1368 M: *Bei den zweien [rote und gelbe] war ja die [rote] schwerer. Dann kann ich die schon mal nach oben legen. Bei den zweien [gelbe und blaue] war ja die [gelbe] schwerer. Dann kann ich die [gelbe] als zweites hinlegen. Bei der [blauen] konnte ich keinen anderen machen, also musste ich sie als letztes hinlegen. (...) Der [blaue] war ja der leichteste.*
- 1369 I: *Und woher weißt du, dass die blaue Schachtel auch leichter ist als die rote Schachtel?*
- 1370 M: *Weil in der roten vielleicht mehr drin ist als in der blauen.*
- 1371 I: *Woher weißt du das?*
- 1372 M: *(.) Weil, weil beim Wiegen ist mir schon aufgefallen, dass die [rote] schwerer ist als die [gelbe], dann konnte ich mir auch merken, dann ist die [rote] wahrscheinlich auch schwerer wie die blaue.*

**Aufgabe 1.6a:** Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere, im ersten Interview (Klebstoff-Flaschen) auch unterschiedlich große, im zweiten (Filmdosen) und dritten (Streichholzschachteln) Interview gleich große Gegenstände. Der Interviewer schiebt die zwei schwereren Gegenstände direkt vor das Kind: *Was ist schwerer?* Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält es die Aufforderung, den leichteren Gegenstand mit dem dritten (noch leichteren) zu vergleichen: *Welcher ist von diesen beiden schwerer?* Abschließend stehen alle drei Gegenstände vor dem Kind: **Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht.**

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview sortiert Manuel die Gegenstände unter Anwendung der Transitivitätsregel. Wie im ersten Interview greift er auch im **zweiten** Interview beim Erklärungsversuch nicht auf den Gewichtsvergleich zurück, sondern führt die Füllmenge an. Es fällt ihm weiterhin schwer, in dieser Situation die Transitivitätsregel zu verbalisieren. Im **dritten** Interview zieht er einen der beiden durchgeführten Gewichtsvergleiche in seine Erklärung mit ein, begründet das Verhältnis der roten (S) zur blauen (L) Streichholzschachtel aber nicht über die Transitivität, sondern über einen inneren Vergleich (Z. 1372). Auch hier wendet er offenbar die Transitivitätsregel an, kann sie aber weiterhin nicht verbalisieren. Hierfür wäre noch die Benennung des zweiten Vergleichs und der daraus folgende Schluss nötig gewesen.

Dass Manuel zum Zeitpunkt des **zweiten** Interviews nicht die Anwendung, sondern lediglich die Verbalisierung der Transitivitätsregel schwer fällt, bestätigt der folgende Ausschnitt aus Aufgabe 1.6b.

**Aufgabe 1.6b** (nur 2. und 3. Interview): Vor dem Kind liegen eine CD-Hülle, eine Schere und ein Esslöffel: *Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht!*

- (Int. 2.1, 17:27-19:49)
- 1373 I: *Sortier die drei Gegenstände nach ihrem Gewicht.*
- 1374 M: (10 Sek.) (schiebt die Schere über den Tisch, stockt, verrückt den Löffel)
- 1375 I: *Du darfst die Sachen auch anfassen.*
- 1376 M: (vergleicht Löffel und CD per Handwaage, legt die CD hin und vergleicht den Löffel mit der Schere, legt dann die Reihenfolge: CD ist schwerer als Löffel ist schwerer als Schere)
- 1377 I: *Kannst du mir erklären, was du gemacht hast?*
- 1378 M: *Ich hab gemerkt, dass die [CD] schwerer ist. (.) Also dass die CD-Hülle schwerer ist als der Löffel. Und dann hab ich die [CD] zuerst hingelegt. (.) Und der Löffel als zweites. (..) Nee, wobei. (.) Falsch gemacht.*
- 1379 I: *Was hast du denn falsch gemacht?*
- 1380 M: *Ich sollte sie ja erst schwer oder wie? [M. ist verunsichert, ob I. die Reihenfolge erst schwer dann leicht oder umgekehrt vorgegeben hat.]*
- 1381 I: *Das ist egal. Was ist denn jetzt das leichteste?*
- 1382 M: *Das [die Schere].*
- 1383 I: *Und dann?*
- 1384 M: *Das [der Löffel].*
- 1385 I: *Und dann?*
- 1386 M: *Das [die CD].*
- 1387 I: *Das ist doch nach der Reihenfolge sortiert. Ich hatte nicht gesagt, wo du das leichteste hinlegen solltest.*
- 1388 M: *Mhm.*
- 1389 I: *Du hattest geguckt die beiden (zeigt auf CD und Löffel) und dann hast du gesagt, die CD ist schwerer als der Löffel. Und was hast du dann noch gemacht?*
- 1390 M: *Der Löffel ist schwerer als die Schere.*
- 1391 I: *Mhm. Woher weißt du denn, dass die CD schwerer ist als die Schere?*
- 1392 M: *(...) Hab ich gar nicht nachgemessen.*
- 1393 I: *Kannst du es trotzdem wissen?*
- 1394 M: *Also, ich glaub schon, dass das schwerer ist.*
- 1395 I: *Kannst du es mir vielleicht sogar erklären, weil du es sogar wissen kannst? (.) Was hast du denn geguckt? (..) Du hast geguckt, ob das [CD] schwerer ist als das [Löffel].*
- 1396 M: *Mhm.*
- 1397 I: *Was hast du noch geguckt?*
- 1398 M: *Ob das [Löffel] schwerer ist als das [Schere].*
- 1399 I: *Mhm. (5 Sek.) Kannst du dann auch was über die beiden [CD, Schere] sagen?*
- 1400 M: (10 Sek.) *Also ich mein wohl, dass die CD schwerer ist.*
- 1401 I: *Und wieso meinst du das?*
- 1402 M: *Weil 'ne Schere ja nicht schwerer sein kann.*

Nachdem Manuel darauf hingewiesen wurde, dass er die Gegenstände manuell vergleichen darf (Z. 1375), vergleicht er zunächst CD und Löffel, anschließend Löffel und Schere und legt dann die Reihenfolge CD > Löffel > Schere („>“ steht für „ist schwerer als“). Auf der Grundlage der zwei durchgeführten Vergleiche und unter Einbeziehung der Transitivitätsrelation sortiert er die Gegenstände nach ihrem Gewicht. Als er zu einer Erläuterung aufgefordert wird, ist er kurzfristig verunsichert, weil er denkt, dass er die Gegenstände in entgegengesetzter Richtung hätte sortieren sollen (zuerst den leichtesten Gegenstand usw.). Die Verbalisierung der Transitivitätsregel, auf die er sich aufgrund seines Vorgehens berufen könnte, gelingt ihm nicht. Er äußert, dass er die CD



nicht mit der Schere verglichen hat (Z. 1392), aber trotzdem zu wissen glaubt, dass die CD schwerer ist als die Schere (Z. 1394, 1400). Es gelingt ihm aber nicht, sich auf die Ergebnisse der zwei durchgeführten Vergleiche zu berufen.

Im **dritten** Interview zieht er zur Begründung seiner Sortierung die Transitivitätsregel heran (Z. 1406), wie der folgende Ausschnitt zeigt:

(Int. 3.1, 20:41-21:25)

- 1403 I: *Kannst du die drei Gegenstände auch nach dem Gewicht sortieren?*  
 1404 M: *Eh. (4 Sek.) Ja. (vergleicht CD und Schere per Handwaage) Also die [CD] ist schon mal schwerer als die Schere (legt beides auf den Tisch und vergleicht dann CD und Löffel per Handwaage). Und das [CD] ist leichter als der Löffel (legt die Reihenfolge: Schere < CD < Löffel). Und so hab ich's schon sortiert.*  
 1405 I: *Du hast jetzt die Schere gar nicht mit dem Löffel verglichen. Woher weißt du denn, dass die Schere leichter ist als der Löffel?*  
 1406 M: *Weil 'ne Schere ist ja nicht so schwer wie ein Löffel. Und der Löffel war ja schwerer als die das [CD] und das [CD] war ja schwerer als das [Schere], deswegen konnte ich das [Löffel], das [CD] und das [Schere] so legen.*

### Zusammenfassung

Manuel konnte bereits im ersten Interview drei Gegenstände folgerichtig auf der Grundlage zweier Gewichtsvergleiche sortieren. Dies legt den Schluss nahe, dass er über ein Transitivitätskonzept verfügt. Dieses Konzept bestätigt sich im zweiten und dritten Interview. Sowohl im ersten als auch im zweiten Interview ist Manuel jedoch nicht in der Lage, sein Vorgehen über die Transitivität zu begründen. Dies gelingt ihm aber im dritten Interview. In dieser Hinsicht hat demnach eine Entwicklung stattgefunden: im dritten Interview hat er gezeigt, dass er die Transitivitätsregel nicht nur anwenden, sondern auch verbalisieren kann.

## 3.2.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“

### Konzept: Einheiten

Im ersten Interview hatte sich gezeigt, dass Manuels Konzept für die Einheiten Gramm und Kilogramm wenig ausgebaut ist (S. 182). Im zweiten Interview lässt sich diesbezüglich eine Veränderung feststellen. Während er im ersten Interview überwiegend der Ansicht war, dass ein Gramm mehr ist als ein Kilogramm, erklärt er im **zweiten** Interview, dass ein Kilogramm mehr ist als ein Gramm, wie das folgende Beispiel belegt:

(Int. 2.1, 23:18-24:16)

- 1407 I: *Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?*  
 1408 M: *E i n Gramm ist leichter als ein Kilogramm.*  
 1409 I: *Weißt du auch, wie viel leichter das ist?*  
 1410 M: *Oh. (...) T a u s e n d Gramm.*  
 1411 I: *Was ist mit tausend Gramm? (28 Sek.) Weißt du noch, was mit tausend Gramm ist?*  
 1412 M: *Mm, haben wir in der Klasse hängen, auf einem Schild. (5 Sek.)*

In dem Ausschnitt zeigt sich, dass Manuel zum einen weiß, dass ein Gramm leichter ist als ein Kilogramm (Z. 1408). Zum anderen bringt er die Zahl 1000 in Zusammenhang mit den beiden Einheiten, ist aber in dieser Situation nicht in der Lage zu sagen, dass

tausend Gramm einem Kilogramm entsprechen. Er aktiviert zwar im Zusammenhang mit einem Gramm und einem Kilogramm tausend Gramm (Z. 1410) als Benennung der Differenz, ist aber innerhalb des Konzepts noch nicht so sicher, dass er die Gleichheit von einem Kilogramm und tausend Gramm nennt.

Im Gegensatz zum ersten Interview ist es für ihn zum Zeitpunkt des **zweiten** Interviews selbstverständlicher, eine Gewichtsangabe als Angabe von Maßzahl und Einheit zu sehen:

(Int. 2.1, 10:55-11:38)

1413 M: (legt die Vergleichsknetrolle auf die Waagschale, betrachtet die Anzeige, drückt auf die Waagschale, betrachtet die Anzeige) *Warum zeigt da nichts an?*

1414 I: *Hast du eine Idee, wie die Waage funktioniert?*

1415 M: (Verneinend) *Mhm.*

1416 I: *Legen wir die Rolle noch mal runter.*

1417 M: (guckt sich die Waage von allen Seiten an, drückt noch einmal kräftig auf die Waagschale und legt dann die Vergleichsrolle wieder auf die Waagschale.) *32 Gramm* (nimmt die Vergleichsrolle wieder von der Waagschale und legt seine Rolle auf die Waagschale). *24. (...) Da müssen noch zehn dazu. (...)* (nimmt die Rolle wieder von der Waagschale)

Beim ersten Ablesen der Waagenanzeige macht er eine vollständige Gewichtsangabe mit Maßzahl und Einheit (Z. 1417), beim zweiten Ablesen nennt er nur die Maßzahl, ohne Einheit. Möglicherweise verzichtet er auf die Nennung der Einheit, weil die aus seiner vorherigen Äußerung bekannt ist – ein Verhalten, das auch bei Erwachsenen im Alltagskontext nicht unüblich ist.<sup>70</sup>

Der folgende Ausschnitt belegt, dass Manuel im **zweiten** Interview auch seinem eigenen Körpergewicht im Gegensatz zum ersten Interview die richtige Einheit zuordnet:

(Int. 2.2, 00:49-01:15)

1418 M: (stellt sich auf die Waage) *Achtundvierz. Achtunddreißig.*

1419 I: *Woran kannst du das sehen?*

1420 M: *Weil vor der vierzig, wenn du zwei weniger nimmst, hast du 38.*

1421 I: *Mhm. (...) Also wie schwer bist du?*

1422 M: *38 Kilogramm.*

Manuel ist zwar zunächst nur darauf konzentriert, die richtige Maßzahl abzulesen (Z. 1418), als der Interviewer ihn abschließend noch einmal nach seinem Körpergewicht fragt, macht er die Gewichtsangabe mit Maßzahl und Einheit (Z. 1422). Dies zeigt, dass innerhalb des von ihm aktivierten Konzepts Gewichtsangaben aus Maßzahl und Einheit bestehen. Zudem weiß er, dass für die Angabe des Körpergewichts die Einheit Kilogramm die angemessene ist (Z. 1422).

Das folgende Beispiel belegt jedoch, dass es weiterhin Situationen gibt, in denen es Manuel schwer fällt, spontan eine angemessene Einheit zuzuordnen:

(Int. 2.2, 02:54-04:07)

1423 M: (dreht die Skala in Nullstellung und legt die Fruchtschnitte wieder auf die Waagschale) *Das wiegt jetzt ein Kilogramm.*

1424 I: *Mhm. (...) Woran kannst du das sehen?*

---

70 Wer beim Metzger „500g Hackfleisch“ ordert, hört oft die Rückfrage beim Auswiegen „Sind 520 in Ordnung?“

- 1425 M: Weil da 'ne eins<sup>71</sup> steht.  
 1426 I: Und die steht für  
 1427 M: Ein Kilo. Nee, nein, shit.  
 1428 I: Wieso bist du jetzt irritiert?  
 1429 M: (.) ein Gramm  
 1430 I: Steht sie jetzt für ein Gramm oder ein Kilogramm?  
 1431 M: Oh Mann, oh nein. (4 Sek.) Ich mein für ein Gramm.  
 1432 I: Wieso denn für ein Gramm und nicht für ein Kilogramm?  
 1433 M: Weil ein Kilogramm sind ja (..) 1000 Gramm.  
 1434 I: Mhm. (4 Sek.) Und wieso glaubst du, dass das ein Gramm und nicht ein Kilogramm wiegt?  
 1435 M: Weil, ehm (8 Sek.) Weil Gramm ist leichter als Kilogramm.

Beim Auswiegen der Fruchtschnitte interpretiert Manuel das angezeigte Ergebnis (~100g) zunächst als ein Kilogramm (Z. 1423), da der angezeigte Strich mit einer eins markiert ist. Diese Angabe verunsichert in (Z. 1427), so dass er die Einheit wechselt (Z. 1429). Dies lässt sich so deuten, dass er eine nicht verbalisierbare Vorstellung davon hat, dass ein Kilogramm zu schwer, ein Gramm aber zu leicht ist. Er entscheidet sich für die Angabe „1g“ mit der Begründung, dass „Gramm [...] leichter als Kilogramm“ (Z. 1435) sei. Dies lässt sich so deuten, dass ihm bewusst ist, dass ein Kilogramm deutlich schwerer ist als die Fruchtschnitte. Dennoch hat er spontan die Einheit Kilogramm gewählt.

Eine entsprechende Situation findet sich wenige Minuten später innerhalb desselben Interviews:

(Int. 2.2, 07:56-08:33)

(M. hat das Gewicht der Fruchtschnitte schon mit zwei analogen Küchenwaagen (1g bzw. 4g) bestimmt.)

- 1436 M: (legt die Fruchtschnitte auf die Waagschale der Briefwaage und bewegt seinen Kopf zum Ablesen auf Zeigerhöhe) (30 Sek.) Siebzig (..) Kilogramm.

Auch hier wählt er die Einheit Kilogramm zur Gewichtsangabe der Fruchtschnitte, obwohl er kurz zuvor noch für die Einheit Gramm argumentiert hat.

Diese Beispiele zeigen, dass Manuel weiterhin keine Vorstellung der Einheiten Gramm und Kilogramm hat und damit, welche Bedeutung den Einheiten Gramm und Kilogramm bei einer Gewichtsangabe zukommt.

Es folgen Beispiele aus dem **dritten** Interview:

(Int. 3.1, 27:41-28:11)

- 1437 I: Was ist denn mehr: 500 Gramm oder ein Kilogramm?  
 1438 M: Ein Kilogramm ist mehr wie 500 Gramm, weil 500 Gramm die Hälfte ist von einem Kilogramm.  
 1439 I: Mhm. (.) Und was ist der Unterschied zwischen einem Kilogramm und einem Gramm?  
 1440 M: Das ein Gramm schwerer ist wie ein Kilogramm. (.) Näh, genau anders rum, dass ein Kilogramm schwerer ist als ein Gramm.  
 1441 I: Weißt du wie viel schwerer ein Kilogramm ist?  
 1442 M: Eh. (5 Sek.) 990 Gramm?

Im ersten Interview hatte Manuel geäußert, dass ein Gramm mehr sei als ein Kilogramm, im zweiten Interview hatte er sein Konzept dahingehend angepasst, dass ein Ki-

71 In der Skala dieser analogen Küchenwaage sind die Hunderterstriche mit den Stellenwerten 1, 2, 3, ... angegeben.

logramm mehr ist als ein Gramm. Im **dritten** Interview aktiviert er offensichtlich zunächst das gleiche Konzept wie im ersten Interview. Ihm fällt der Fehler auf, und er korrigiert sich, aktiviert also das neu angelegte Konzept, in dem er gespeichert hat, dass ein Kilogramm mehr ist als ein Gramm (Z. 1440). Die Differenz zwischen einem Gramm und einem Kilogramm benennt er mit 990g (Z. 1442). Die vorangegangene Pause von fünf Sekunden deutet darauf hin, dass er die Differenz nicht abruft, sondern berechnet und sich dabei verrechnet.

Inwieweit er die Umrechnungszahl 1000 mit den beiden Einheiten verbindet, zeigt das folgende Beispiel aus dem **dritten** Interview:

(Ausschnitt aus Int. 3.2, 17:10-32:35)

- 1443 I: *Was schätzt du denn, wie schwer ist dieses Paket Zucker?*  
1444 M: (prüft das Gewicht manuell) (4 Sek.) *Ein Gramm, (.) nee ein Kilogramm.*  
1445 I: *Ein Gramm oder ein Kilogramm?*  
1446 M: *Ein Kilogramm.*  
1447 I: *Wieso Kilogramm und nicht Gramm?*  
1448 M: *Weil ich gestern auf Mamas, die hat ja den gleichen Zucker ???*  
1449 I: *Und was steht da drauf?*  
1450 M: *Ehm. Ein Kilogramm. (.) Das ist tausend Gramm.*  
1451 I: *Was steht denn drauf, ein Kilogramm oder tausend Gramm?*  
1452 M: *Also tausend Gramm ist ja ein Kilogramm.*

Hier wird deutlich, dass Manuel innerhalb eines Konzepts gespeichert hat, dass 1000 Gramm einem Kilogramm entsprechen (Z. 1450, 1452).

Wie auch in den ersten beiden Interviews fällt es Manuel jedoch weiterhin schwer, beim Auswiegen das Gewicht mit der richtigen Einheit anzugeben:

(Int. 3.2, 09:36-11:02)

[M. versucht das Gewicht eines Marsriegels mit Hilfe der analogen Küchenwaage zu bestimmen. Als Maßzahl hat er „30“ abgelesen.]

- 1453 M: *Ich weiß nicht, ob das Kilogramm heißt oder Gramm. (12 Sek.) Ich mein, dass heißt Kilogramm. ??? Eh, kann doch gar nicht sein.*  
1454 I: *Wieso kann das gar nicht sein?*  
1455 M: *Weil hier (zeigt auf die Skala) ein Kilogramm ist und da zwei Kilo. Und das ist ja unter ein Kilogramm, also kann's ja kein Kilogramm sein.*  
1456 I: *Mhm.*  
1457 M: *Also ist er (.) 30 Gramm.*  
1458 I: *Was würde denn vielleicht noch gegen 30 Kilogramm sprechen? (.) weißt du irgendwas, was vielleicht so 30 Kilogramm oder 'n bisschen schwerer als 30 Kilogramm ist? (8 Sek.) Wie viel wiegst du denn zum Beispiel?*  
1459 M: *Ich? (.) 38. (15 Sek.)*  
1460 I: *38 Gramm oder?*  
1461 M: *(.) Das fällt mir nicht ein.*

Im Gegensatz zum ersten und zweiten Interview ist Manuel in dieser Situation bewusst, dass er nicht spontan die richtige Einheit zuordnen kann (Z. 1453). Schließlich entscheidet er sich – fälschlicherweise – für Kilogramm, wobei ihm dies unmittelbar nach seiner Entscheidung auffällt (ebd.). In seiner Begründung bezieht er sich auf die Skaleneinteilung, in der der Strich für ein Kilogramm erst später kommt (Z. 1455). Dies zeigt, dass er zwar in der Lage ist, seine Fehlentscheidung zu korrigieren; das Unrealistische in der Gewichtsangabe 30 Kilogramm für die Fruchtschnitte erkennt er aber nicht, auch nicht,

als der Interviewer ihn zum Vergleich seines Körpergewichts und der dem Gewicht der Fruchtschnitte auffordert (Z. 1458). Hier fällt vielmehr auf, dass er in diesem Moment nicht in der Lage ist, seinem Gewicht die angemessene Einheit zuzuordnen, während er dies wenige Minuten zuvor noch konnte:

(Int. 3.2, 00:58-01:08)

1462 M: (stellt sich auf die Personenwaage) *Wiege jetzt zum Beispiel mal (...) 37 Kilogramm.*

Als er aufgefordert ist, sein Körpergewicht zu bestimmen, wiegt er sein Gewicht auf der Personenwaage aus und gibt es mit der Einheit Kilogramm an (Z. 1462). Dies weist auf einen subjektiven Erfahrungsbereich hin: Manuel ist in der Lage, in der Situation der Körpergewichtsbestimmung die richtige Einheit mit seinem Körpergewicht zu verbinden, losgelöst von diesem Kontext kann er der Maßzahl seines Körpergewichts nicht die richtige Einheit zuordnen (Z. 1461).

Auch der folgende Ausschnitt bestätigt noch einmal, dass Manuel noch über keine ausreichenden Vorstellungen für die Verschiedenheit der Einheiten verfügt:

(Int. 3.2, 01:32-02:46)

1463 I: *Könnte man die [Personenwaage] in der Küche verwenden?*

1464 M: *Nee.*

1465 I: *Warum nicht?*

1466 M: *Weil ehm. (...) Du hast jetzt Butter. Das kannst du ja besser mit der (zeigt auf die analoge Küchenwaage) machen.*

1467 I: *Warum könnte man das denn nicht mit dieser Waage machen?*

1468 M: *Weil ehm Butter ist ja so schwer. (...) Ach, Butter war. Wie viel war denn noch mal Butter? (...) 350 war die und diese (drückt auf die Personenwaage) geht nur bis 110. (...) Dann würd das da nicht gehen.*

1469 I: *Mhm. (...) Heißt das, die Butter ist zu leicht oder zu schwer?*

1470 M: *Ehm. Das könnte man leichter mit der [Küchenwaage] machen, weil das ist ja 'ne Fußwaage. (...) Und die hat ja 'ne größere Fläche (zeigt auf die Waagfläche der Personenwaage). Nur für Füße.*

1471 I: *Und deswegen könnte man die Butter hiermit [Personenwaage] nicht so gut auswiegen?*

1472 M: (verneinend) *Mhm.*

1473 I: *Was würde denn passieren, wenn man die Butter da drauf legt?*

1474 M: *Dann ständ da jetzt. Ehm. Weil das ja Kilogramm ist und das. Die Butter ist ja Gramm. Da kann man das besser mit der (zeigt auf die digitale Küchenwaage) oder mit der (zeigt auf die analoge Küchenwaage) machen.*

Die Frage, ob man eine Personenwaage in der Küche einsetzen könnte, verneint Manuel spontan (Z. 1464). Seine Aussage versucht er damit zu begründen, dass man ein Paket Butter nicht mit der Personenwaage auswiegen könne. Hierbei führt er aber zunächst nicht eine zu grobe Skaleneinteilung an, sondern reduziert die entsprechenden Gewichtsangaben auf die Maßzahlen, indem er die Einheiten ignoriert: Er gibt an, dass ein Paket Butter „350“ wiegt (falsches Stützpunktwissen) und demonstriert, dass die Waage nur Gewichte bis „110“ anzeigen kann (Z. 1468). Daraus schlussfolgert er, dass die Butter nicht mit Hilfe der Personenwaage ausgewogen werden kann. Hierbei übergeht er, dass er eigentlich 350 **Gramm** einerseits zu 110 **Kilogramm** andererseits in Beziehung setzen müsste. Als der Interviewer nachhakt, beruft er sich schließlich doch noch auf die unterschiedlichen Einheiten, indem er deutlich macht, dass er weiß, dass die Personen-

waage Kilogramm-Gewichtsangaben macht, während das Gewicht der Butter sich im Grammbereich befindet (Z. 1474).

Die Beispiele zeigen, dass Manuel weiterhin nicht über spontane Vorstellungen zu den Einheiten Gramm und Kilogramm verfügt. Er ist zwar im dritten Interview in der Lage, seine spontanen ersten Äußerungen zu überarbeiten und letztlich richtig anzupassen, es ist aber nach wie vor so, dass er die angemessene Einheit nicht automatisch anwenden kann. Im Gegensatz zum ersten Interview zeigen die Beispiele aber, dass die Angabe einer Einheit – wie auch schon im zweiten Interview – mittlerweile Bestandteil seiner Gewichtsangaben ist.

### **Zusammenfassung**

Während Manuel im ersten Interview kein ausgeprägtes Einheitenkonzept aufgebaut hatte, verfügt er im zweiten Interview über mehr Wissen über die Einheiten Gramm und Kilogramm. Hier aktiviert er stets ein Konzept, in dem er abgespeichert hat, dass ein Kilogramm mehr ist als ein Gramm, wogegen er im ersten Interview deutliche Unsicherheiten zum Verhältnis der Einheiten zeigte und häufig die Ansicht vertrat, dass ein Gramm mehr sei als ein Kilogramm. Im dritten Interview zeigt sich, dass das Konzept, dass ein Gramm mehr ist als ein Kilogramm, immer noch besteht, aber dass das neue Konzept, dass ein Kilogramm mehr ist als ein Gramm, zumeist dominiert.

Schon im zweiten Interview nennt Manuel die Zahl tausend in Verbindung mit den Einheiten Gramm und Kilogramm, kann jedoch den Zusammenhang nicht vollständig verbalisieren. Dies gelingt ihm aber im dritten Interview. Hier kann er das Verhältnis von einem Gramm zu einem Kilogramm präzise benennen.

Während er im ersten Interview eine Gewichtsangabe noch nicht automatisch als Kombination einer Maßzahl und einer Einheit verstand, hat er in dieser Hinsicht auch sein Konzept erweitert, was sich im zweiten und dritten Interview in seiner zunehmenden Sicherheit im Umgang mit den Einheiten zeigt, indem er in verschiedenen Situationen eigeninitiativ die Maßzahl in Verbindung mit einer Einheit nennt.

In allen Interviews finden sich Situationen, in denen sich zeigt, dass Manuel weiterhin noch keine ausreichenden *Vorstellungen* über die Einheiten Gramm und Kilogramm aufgebaut hat. Dies wird daran deutlich, dass er die Einheiten weiterhin vertauscht, ohne dass ihm dabei die bedeutungsverändernde Komponente auffällt. Im dritten Interview scheint ihm dies aber zunehmend bewusst zu werden: Hier fallen ihm falsch zugeordnete Einheiten selbst auf und er ist in der Lage, seine Angaben angemessen zu verändern. Außerdem verbalisiert er den Entscheidungskonflikt, was deutlich macht, dass er ein Bewusstsein dafür entwickelt, dass die Wahl der Einheit einen Unterschied bei der Gewichtsangabe macht.

Insbesondere in Bezug auf sein Körpergewicht fällt auf, dass er sowohl im zweiten als auch im dritten Interview in der Situation, in der er sein Körpergewicht mit Hilfe der Personenwaage bestimmen soll, die Gewichtsangabe in Kombination mit der Einheit Kilogramm macht, während er im ersten Interview in der entsprechenden Situation nicht wusste, welche Einheit für die Angabe seines Körpergewichts sinnvoll ist. Im dritten Interview lässt sich in diesem Zusammenhang ein Subjektiver Erfahrungsbereich feststellen, da er in der konkreten Wägesituation weiß, dass er seinem Körpergewicht die Einheit Kilogramm zuordnen muss, losgelöst von der Situation aber nicht angeben kann, welches die passende Einheit ist.

Die dennoch feststellbare Entwicklung innerhalb des Konzepts Einheiten ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf den unterrichtlichen Einfluss zurückzuführen, da es sich bei den Einheiten um einen „klassischen“ Bestandteil einer Unterrichtseinheit zu Gewichten handelt. Außerdem nimmt Manuel selbst explizit Bezug auf den Unterricht (Z. 1412, S. 213).

### **Konzept: Umgang mit Maßangaben**

Im ersten Interview hatte sich gezeigt, dass Manuel in der Lage war, sein Konzept für Rechnen im Maßzahlkontext anzuwenden (S. 186). Dabei war es aber abhängig vom Schwierigkeitsgrad der Aufgabe, ob er zu einer Lösung gelangte.

Im **zweiten** und **dritten** Interview wirkt sein Umgang mit Maßangaben routinierter (vgl. Konzepte *Schätzen* sowie *Wiegen*, S. 241 bzw. 228), in Rechensituationen ist er trotzdem unterschiedlich sicher:

(Int. 2.1, 10:55-11:38)

- 1475 M: (legt die Vergleichsknetrolle auf die Waagschale, betrachtet die Anzeige, drückt auf die Waagschale, betrachtet die Anzeige) *Warum zeigt da nichts an?*  
 1476 I: *Hast du eine Idee, wie die Waage funktioniert?*  
 1477 M: (Verneinend) *Mhm.*  
 1478 I: *Legen wir die Rolle noch mal runter.*  
 1479 M: (guckt sich die Waage von allen Seiten an, drückt noch einmal kräftig auf die Waagschale und legt dann die Vergleichsrolle wieder auf die Waagschale.) *32 Gramm* (nimmt die Vergleichsrolle wieder von der Waagschale und legt seine Rolle auf die Waagschale). *24. (...) Da müssen noch zehn dazu. (...)* (nimmt die Rolle wieder von der Waagschale)

Im diesem Beispiel aus dem **zweiten** Interview hat man den Eindruck, dass er sich verrechnet. Es ist aber auch denkbar, dass die Waage<sup>72</sup> in der Anzeige für die zweite Rolle zwischen zwei Zahlen hin- und hersprang, nach seiner Äußerung „24“ also auf 22g sprang und er mit 22g gerechnet hat.

Auch im folgenden Beispiel aus dem zweiten Interview verrechnet er sich bei der Addition der Gewichtssteine:

(Int. 2.2, 18:10-18:33)

- 1480 I: *Wie viel Gramm liegen denn da jetzt?*  
 1481 M: *Siebzig, Fünfundsiebzig, Siebenundsiebzig, (.) Achtundsiebzig (..) Gramm.*  
 1482 I: *Welche einzelnen Stücke liegen denn da?*

<sup>72</sup> Es handelt sich um eine digitale Waage, die die Ergebnisse in Zweigrammschritten angibt.

1483 M: *Ein Fünfziger, zwei Zweier, ein Fünfer und ein Zwanziger.*

Der folgende Ausschnitt – ebenfalls aus dem **zweiten** Interview – belegt, dass er im Zahlraum bis Hundert in der Lage ist, eine Differenz zu berechnen:

(Int. 2.2, 26:25-26:30)

1484 (M. hat das Gewicht des Marsriegels auf 5g geschätzt und anschließend den Marsriegel mit der digitalen Waage ausgewogen: 54g.)

1485 M: *Dann hab ich mich um 49 Gramm verrechnet.*

In einer anderen Situation im **dritten** Interview fällt es ihm zunächst schwer, die Differenz – diesmal im Zahlraum bis Tausend – zu berechnen:

(Int. 3.2, 25:20-26:11)

[M. hat das Gewicht des Toastbrots auf 50 Gramm geschätzt. Die digitale Waage gibt als Gewicht 510 Gramm an.]

1486 M: *5 1 0 ? (.) Das ist ja schon über die Hälfte. (13 Sek.) Ich hab mich genau um 56 verrechnet, (.) nee sogar mehr. (7 Sek.)*

1487 I: *Um wie viel hast du dich verrechnet?*

1488 M: *Weiß ich jetzt nicht. (5 Sek.) Ehm. (4 Sek.) 460, hab ich mich verrechnet.*

Im Zahlraum bis Hundert ist er in der Lage, Differenzen zu berechnen:

(Int. 3.2, 14:32-14:53)

[Tafelwaage: Auf der einen Waagschale liegt ein Marsriegel, auf der anderen ein 50g-Gewichtsstein. Die digitale Waage hat das Gewicht des Marsriegels mit 55g angegeben.]

1489 M: *Dann nehm ich jetzt mal (.) einen Fünfer.*

1490 I: *Warum nimmst du noch einen Fünfer?*

1491 M: *Weil das ja gerade auf einer Waage 55 war. (5 Sek.) Und das ist gleich. (.) Also hier hab ich jetzt 55 (zeigt auf die Waagschale mit den Gewichtssteinen) drauf und da (zeigt auf die Waagschale mit dem Marsriegel) sind dann auch 55.*

Manuel nutzt das ihm bekannte Gewicht des Marsriegels (digitale Küchenwaage: 55g) und teilt es erfolgreich in einen 50g- und einen 5g-Gewichtsstein auf.

Auch beim Einsatz der analogen Personenwaage ist er in der Lage, den additiven Charakter des Skala zu erklären:

(Int. 3.2, 00:58-01:25)

1492 M: (stellt sich auf die Personenwaage) *Wiege jetzt zum Beispiel mal (.) 3 7 Kilogramm.*

1493 I: *Woher weißt du, dass du 37 Kilogramm wiegst. Wie kannst du das ablesen?*

1494 M: *Weil hier ist ja die dreißig und der längere Strich ist die fünf und die kleinen müssen bloß fünf plus zwei zählen, dann haste sieben (.) und das plus dreißig sind 37.*

### Zusammenfassung

Beim rechnenden Umgang mit Maßzahlen agiert Manuel im Zahlraum bis tausend nicht sicher, wobei er über den Zeitraum der drei Interviews sicherer geworden ist.

Während es im ersten Interview sogar eine Situation gab, in der er nicht wusste, was er rechnen musste, zeigen sich im zweiten und dritten Interview nur noch Rechenfehler, die er im dritten Interview sogar selbst behebt.

Diese Entwicklung ist vermutlich zum einen darauf zurückzuführen, dass er zum Zeitpunkt des letzten Interviews bereits auf mehr Erfahrungen beim Rechnen im Zahlraum bis tausend zurückgreifen kann und zum anderen im Kontext Gewichte an Sicherheit gewonnen hat.



### 3.2.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“

#### **Konzept: Wiegen als Vergleichsvorgang**

Im ersten Interview hat sich gezeigt, dass Manuel die Vorstellung „Auswiegen ist vergleichen mit **Gleichgewicht**“ fehlt (S. 187). Im zweiten und dritten Interview ist eine Entwicklung dieses Konzepts zu beobachten.

Im **zweiten** Interview weiß er im Gegensatz zum ersten Interview, wie man mit Hilfe der Tafelwaage das Gewicht eines Gegenstandes bestimmen kann:

(Int. 2.2, 13:09-18:33)

[Manuel ist das Gewicht der Fruchtschnitte bekannt.]

1495 I: *Weißt du, wie man damit wiegt?*

1496 M: (nickt) *Man legt zum Beispiel jetzt das [die Fruchtschnitte] auf diese Seite und dann nimmt man einen Gewichtsstein und legt den da drauf und dann muss man warten, bis die gleich sind.*

1497 I: *O.K., dann versuch doch mal die Fruchtschnitte auszuwiegen.*

1498 M: (legt einen 100g-Stein auf die Waagschale) *Also 100 Gramm ist zu schwer* (nimmt den Stein wieder runter und legt dafür einen 50g-Gewichtsstein auf die Waagschale). *50 Gramm zu wenig. (+20g) Siebzig ist auch zu leicht. (+10g, -20g, +10g)*

1499 I: *Wie viel liegen da jetzt?*

1500 M: *Da liegen jetzt 70. (+5g, +2g)*

1501 I: *Wie viel liegen da jetzt?*

1502 M: *Sechsend. Siebenundsiebzig [zu leicht!] (-50g)*

1503 I: *Welchen hast du gerade runtergenommen?*

1504 M: *Den Fünfziger.*

1505 I: *Warum hast du den runtergenommen?*

1506 M: *Weil das angeblich nicht gepasst hat (+10g, +20g, +50g, -20g, -50g, +20g, dann nimmt er die ganzen kleinen runter)*

1507 I: *Welche nimmst du jetzt wieder runter?*

1508 M: *Ich nehm erst mal die kleinen. Weil wenn ich den Fünfziger runter nehme, ist das [Fruchtschnitte] wieder etwas zu schwer.*

1509 I: *Du hast ja die Fruchtschnitte auf den anderen Waagen schon gewogen. Deswegen hast du doch schon eine Vermutung. (.) Oder meinst du auf dieser Waage kann die Fruchtschnitt ein ganz anderes Gewicht haben?*

1510 M: (verneinend) *Mhm.* (nimmt Gewichtssteine runter, legt dafür wieder welche drauf, bis sich die Waage im Gleichgewicht befindet) *Ist fast gleich.*

1511 I: *Wie viel Gramm liegen denn da jetzt?*

1512 M: *Siebzig, Fünfundsiebzig, Siebenundsiebzig, (.) Achtundsiebzig (..) Gramm.*

1513 I: *Welche einzelnen Stücke liegen denn da?*

1514 M: *Ein Fünfziger, zwei Zweier, ein Fünfer und ein Zwanziger.*

Manuel zeigt hier, dass er über ein Konzept verfügt, in dem er gespeichert hat, dass es sich beim Auswiegen um einen Vergleichsvorgang handelt, bei dem ein Gleichgewicht erreicht wird (Z. 1496). Er nutzt aber das ihm bekannte Gewicht der Fruchtschnitte nicht selbständig. Dafür bedarf es eines Interviewerhinweises (Z. 1509). Dies zeigt, dass für ihn die Wäageergebnisse der verschiedenen Waagen für ein und denselben Gegenstand noch isoliert nebeneinander stehen.

Im **dritten** Interview ist er dagegen in der Lage, beim Auswiegen des Marsriegels auf eine ihm bekannte Gewichtsangabe zurückzugreifen:

(Int. 3.2, 13:39-14:54)

[Manuel ist das Gewicht des Marsriegels aus einer vorangegangenen Wägung bekannt.]

- 1515 M: (legt den Marsriegel auf die Waagschale) *Da legt man jetzt das Mars hier drauf. Und dann merkt man, dass das Mars ja schwerer ist als das, weil da ja nichts drauf ist. Dann nimmt man so ein Gewicht (zeigt auf die Gewichtssteine) und wenn das, die zwei Sachen [Metallfahnen] gleich sind, dann weiß man, dass das gleich schwer ist* (legt einen 100g-Gewichtsstein auf die andere Waagschale) *Das ist schon zu schwer* (nimmt ihn wieder runter, ersetzt ihn durch einen 50g-Gewichtsstein)
- 1516 I: *Was ist das?*
- 1517 M: *Fünfzig.*
- 1518 I: *Und ist das zu schwer oder leicht?*
- 1519 M: *Zu leicht.*
- 1520 I: *Woran siehst du das?*
- 1521 M: *Weil hier. Geht das Mars ja runter, also ist es schwerer Und das geht ja hoch. (.) Dann nehm ich jetzt mal (.) einen Fünfer.*
- 1522 I: *Warum nimmst du noch einen Fünfer?*
- 1523 M: *Weil das ja gerade auf einer Waage 55 war. (5 Sek.) Und das ist gleich. (.) Also hier hab ich jetzt 55 (zeigt auf die Waagschale mit den Gewichtssteinen) drauf und da (zeigt auf die Waagschale mit dem Marsriegel) sind dann auch 55.*

In diesem Ausschnitt verbalisiert Manuel deutlich, dass Waagschalengleichstand Gewichtsgleichheit bedeutet (Z. 1523), was zeigt, dass er verstanden hat, dass es sich beim Auswiegen um einen Vergleichsvorgang handelt. Außerdem nutzt er das ihm aus einer vorangegangenen Wägung bekannte Gewicht des Marsriegels, indem er entsprechende Gewichtssteine auf die Waagschale legt. Dies zeigt, dass er die Wägevorgänge zunehmend nicht mehr als isolierte Ereignisse auffasst, sondern in der Lage ist, ein bereits erhaltenes Ergebnis für einen Gegenstand mit einer erneuten Wägung mit einer anderen Waage in Verbindung zu bringen, also Konzepte zu vernetzen.

### **Konzept: Waagen**

Im ersten Interview hatte Manuel gezeigt, dass er über Konzepte für die Personenwaage, die analoge Küchenwaage sowie die Tafelwaage verfügte (S. 187).

Im **zweiten** und **dritten** Interview wird deutlich, dass sich diese Konzepte erweitert haben. Außerdem verfügt er zusätzlich über Konzepte für die digitale Waage und die Briefwaage.

### **Personenwaage**

(Int. 2.2, 00:10-00:37)

- 1524 I: *Was ist denn das für eine Waage?*
- 1525 M: *Eine Personenwaage.*
- 1526 I: *Kannst du mir vormachen, wie man damit wiegt?*
- 1527 M: *Man stellt die auf den Boden. Und dann stellt man sich drauf. Ohne Schuhe.*
- 1528 I: *Warum ohne Schuhe?*
- 1529 M: *Weil mit Schuhen, da wiegt man ja mehr als mit ohne Schuhe.*
- 1530 I: *Mhm. Und dann? Wenn man sich draufgestellt hat, was macht man dann?*

**Aufgabe 2.2:** Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine Personenwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage sowie eine Briefwaage: **Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen?** I. zeigt einzeln auf die Waagen: **Wo(für) verwendet man diese Waage?** Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand (Müsliriegel) aus!

1531 M: *Dann gibt. Also jetzt zum Beispiel dann geht der dann so rum (zeigt auf die Skala) bis der stehenbleibt, wie schwer man ist.*

Im **zweiten** Interview weiß Manuel, dass dieser Waagentyp Personenwaage genannt wird (Z. 1525), dies ist vermutlich auf den unterrichtlichen Einfluss zurückzuführen. Außerdem kann er erläutern, wie man eine Personenwaage nutzt (Z. 1527, 1531). Dabei ist es ihm wichtig, anzumerken, dass man sein Gewicht ohne Schuhe bestimmen muss, um das Ergebnis nicht durch das Eigengewicht der Schuhe zu beeinflussen (Z. 1527, 1529).

Nicht ganz klar ist, inwieweit er den Einsatz der Personenwaage in der Küche für praktikabel hält:

(Int. 2.2, 01:18-01:52)

1532 I: *Könnte man diese Waage denn auch in der Küche benutzen?*

1533 M: *(..) Mm. (..) Ja.*

1534 I: *Könnte man die gut in der Küche benutzen? (..) Oder hätte man Probleme damit?*

1535 M: *Hätte man Probleme damit.*

1536 I: *Warum denn?*

1537 M: *Weil, wenn du jetzt zum Beispiel. Du hast jetzt einen ganzen Pott Zucker. Und der wiegt jetzt ein Kilogramm. Und die zeigt, da kannst du ja gar nicht sehen, was ein Kilogramm ist.*

1538 I: *Ein Kilogramm konnte man nicht sehen auf der Waage?*

1539 M: *(verneinend) Mhm.*

Zunächst gibt Manuel nach kurzem Zögern an, dass er einen Kücheneinsatz für möglich hält (Z. 1533). Als der Interviewer dies hinterfragt und eine Alternative anbietet, schwenkt Manuel in seiner Ansicht um. Als Begründung führt er an, dass die Personenwaage Gewichte von einem Kilogramm nicht anzeigen kann. Das gewählte Beispiel von einem Kilogramm ist dabei zwar ungünstig gewählt, da die Skala der vorliegenden Personenwaage Ein-Kilogramm-Schritte vorsieht. Ihm ist aber offenbar bewusst, dass eine Personenwaage aufgrund ihrer Skala für kleine Gewichte und Gewichtsunterschiede ungeeignet ist – sein Konzept beinhaltet also nicht nur die Unterscheidung von typischen und untypischen, sondern auch von sinnvollen und nicht sinnvollen Einsatzzwecken.

Im **dritten** Interview fällt Manuel der Name „Personenwaage“ nicht ein:

(Int. 3.2, 00:13-00:48)

1540 I: *Was ist denn das für eine Waage?*

1541 M: *Ehm (5 Sek.)*

1542 I: *Weißt du den Namen?*

1543 M: *Ja, eigentlich wohl. Ehm (6 Sek.) Fußwaage sagen wir dazu immer.*

1544 I: *Wofür verwendet man die denn?*

1545 M: *Die stellt man hier auf den Boden, zieht seine Schuhe aus und dann stellt man sich da drauf zum Gucken.*

1546 I: *Was kann man dann gucken?*

1547 M: *Wie viel man wiegt.*

Er bezeichnet die Personenwaage als „Fußwaage“ (Z. 1543). Diese Bezeichnung kreiert er vermutlich ad hoc aufgrund der Methodik ihrer Verwendung. Interessant ist, dass er unmittelbar nach der Unterrichtseinheit die Bezeichnung aus dem Konzept abrufen konnte, mit dem Abstand zur unterrichtlichen Behandlung den Begriff „Personenwaage“ aber nicht abrufen kann. Der Abschnitt belegt jedoch, dass Manuel immer noch in der

Lage ist, das Vorgehen der Wägung zu beschreiben (Z. 1545, 1547). Genau wie im zweiten Interview betont er, dass die Schuhe vor der Wägung auszuziehen sind (Z. 1545).

Im **dritten** Interview verneint er die Möglichkeit, die Personenwaage in der Küche einzusetzen, spontan:

- (Int. 3.2, 01:32-03:35)
- 1548 I: *Könnte man die [Personenwaage] in der Küche verwenden?*
- 1549 M: *Nee.*
- 1550 I: *Warum nicht?*
- 1551 M: *Weil ehm. (...) Du hast jetzt Butter. Das kannst du ja besser mit der (zeigt auf die analoge Küchenwaage) machen.*
- 1552 I: *Warum könnte man das denn nicht mit dieser Waage machen?*
- 1553 M: *Weil ehm Butter ist ja so schwer. (...) Ach, Butter war. Wie viel war denn noch mal Butter? (...) 350 war die und diese (drückt auf die Personenwaage) geht nur bis 110. (...) Dann würd das da nicht gehen.*
- 1554 I: *Mhm. (...) Heißt das, die Butter ist zu leicht oder zu schwer?*
- 1555 M: *Ehm. Das könnte man leichter mit der [Küchenwaage] machen, weil das ist ja 'ne Fußwaage. (...) Und die hat ja 'ne größere Fläche (zeigt auf die Waagfläche der Personenwaage). Nur für Füße.*
- 1556 I: *Und deswegen könnte man die Butter hiermit [Personenwaage] nicht so gut auswiegen?*
- 1557 M: (verneinend) *Mhm.*
- 1558 I: *Was würde denn passieren, wenn man die Butter da drauf legt?*
- 1559 M: *Dann ständ da jetzt. Ehm. Weil das ja Kilogramm ist und das. Die Butter ist ja Gramm. Da kann man das besser mit der (zeigt auf die digitale Küchenwaage) oder mit der (zeigt auf die analoge Küchenwaage) machen.*
- 1560 I: *Mhm. Und was würde passieren, wenn du die Butter da drauf [Personenwaage] legst?*
- 1561 M: *Die würd dann nicht das gleiche anzeigen.*
- 1562 I: *Was würde die denn anzeigen?*
- 1563 M: (...) *Keine Ahnung.*
- 1564 I: *Könntest du denn was ablesen bei dieser [Personen-] Waage?*
- 1565 M: *Nee.*
- 1566 I: *Und warum nicht?*
- 1567 M: (...) *Ehm. (24 Sek.)*
- 1568 I: *'ne Idee?*
- 1569 M: (verneinend) *Mhm.*

Zunächst vernachlässigt Manuel in seiner Argumentation gegen den Kücheneinsatz die Einheiten Gramm und Kilogramm (Z. 1553). In diesem Moment vergleicht er nur die Maßzahlen unabhängig von der Einheit miteinander. Erst später (Z. 1559) betont er, dass das Gewicht der Butter in Gramm angegeben wird, während die Personenwaage Kilogramm anzeigt. Er hat demnach innerhalb des von ihm aktivierten Konzepts eine Vorstellung davon gespeichert, dass die Skalanzeige der Personenwaage nicht dazu geeignet ist, geringe Gewichte, die in Gramm angegeben werden, anzuzeigen. Dabei führt ihn das Weglassen der Einheit zunächst auf einen falschen Begründungsweg. Letztlich gelingt es ihm aber, sich auf die unterschiedlichen Einheiten zu berufen, wobei ihm die Verbalisierung der erkannten Problematik noch schwer fällt.

### Analoge Küchenwaage

- (Int. 2.2, 01:57-02:18)
- 1570 I: *Woher kennst du die?*

- (Int. 3.2, 04:28-04:31)
- 1576 I: *Was habt ihr denn zu Hause für eine*

- |   |   |
|---|---|
| <p>1571 M: <i>Meine Mama benutzt die immer so, wenn die 'n ganzen Pott Zucker hat, dann wiegt die den und dann weiß die, wie viel.</i></p> <p>1572 M: <i>Mhm. Weißt du, wie man die nennt, die Waage?</i></p> <p>1573 M: (verneinend) <i>Mhm.</i></p> <p>1574 I: <i>Und wo verwendet man diese Waage?</i></p> <p>1575 M: <i>In der Küche.</i></p> | <p><i>Waage?</i></p> <p>1577 M: <i>Die (zeigt auf die analoge Küchenwaage).</i></p> |
|---|---|

Manuel kannte die analoge Küchenwaage bereits im ersten Interview vom heimischen Kücheneinsatz. Dies bestätigt sich im **zweiten** und **dritten** Interview, wobei er keinen Namen nennen kann. Im **zweiten** Interview erläutert er noch, dass er die Waage aus dem Kücheneinsatz kennt (Z. 1571, 1575), im **dritten** Interview wird nur deutlich, dass er sie aus dem häuslichen Umfeld kennt (Z. 1576f.).

### Digitale Küchenwaage

- |  |  |
|--|--|
| <p>(Int. 2.1, 10:21-10:24)</p> <p>1578 I: <i>Hast du so eine Waage denn schon mal gesehen?</i></p> <p>1579 M: <i>Ja, hier.</i></p> | <p>(Int. 3.2, 03:52-04:28)</p> <p>1580 I: <i>Was ist das denn für eine Waage?</i></p> <p>1581 M: <i>Das ist eine ehm (11 Sek.)</i></p> <p>1582 I: <i>Weißt du, wo man sie verwendet?</i></p> <p>1583 M: <i>In der Küche meistens.</i></p> <p>1584 I: <i>Und wofür braucht man die?</i></p> <p>1585 M: <i>Da kann man Mehl abwiegen. Und Zucker. (...)</i></p> <p>1586 I: <i>Habt ihr so eine Waage zu Hause?</i></p> <p>1587 M: (verneinend) <i>Mhm. Aber meine Oma.</i></p> |
|--|--|

Manuel gab im ersten Interview an, die digitale Waage nicht zu kennen. Im **zweiten** Interview beruft er sich darauf, diese Waage aus den Interviews zu kennen (Z. 1579). Er verweist also weder auf den Unterricht, noch nennt er eine Alltagssituation, in der man sie verwendet. Im **dritten** Interview gibt er an, dass seine Großmutter eine digitale Küchenwaage benutzt (Z. 1587). Zu diesem Zeitpunkt kann er auch erläutern, dass man die Waage in der Küche einsetzt (Z. 1583, 1585).

### Briefwaage

- |   |   |
|---|---|
| <p>(Int. 2.2, 07:13-07:56)</p> <p>1588 I: <i>Was ist denn das für eine Waage?</i></p> <p>1589 M: <i>Eine Briefwaage.</i></p> <p>1590 I: <i>Die verwendet man wofür?</i></p> <p>1591 M: <i>Zum Briefe wiegen.</i></p> <p>1592 I: <i>Mhm. Und warum muss man Briefe wiegen?</i></p> <p>1593 M: <i>Dann kann man gucken ehm, mm welche welchen (10 Sek.) oh man, wie heißen die Teile? (...) Die viereckigen Dinger, die auf den Brief kommen.</i></p> <p>1594 I: <i>Briefmarken.</i></p> <p>1595 M: <i>Ja. Da kann man gucken, welche Briefmarke man nehmen muss.</i></p> | <p>(Int. 3.2, 05:13-05:52)</p> <p>1598 I: <i>Mit welcher möchtest du weitermachen?</i></p> <p>1599 M: <i>Mit der Briefwaage.</i></p> <p>1600 I: <i>O.K. Meinst du, du kannst mit einer Briefwaage auch einen Marsriegel auswiegen?</i></p> <p>1601 M: <i>Mm. (...) Ich glaub, ja.</i></p> <p>1602 I: <i>Wofür braucht man überhaupt eine Briefwaage?</i></p> <p>1603 M: <i>Da kann man gucken, wie viel ??? Man legt da einen Brief drauf (drückt auf die Waagschale) Guck der ist jetzt 55. Dann kostet der 55 Cent.</i></p> |
|---|---|

- |  |   |
|--|---|
| <p>1596 I: <i>O.K. Meinst du, du kannst die Fruchtschnitte auch mit dieser Waage wiegen?</i></p> <p>1597 M: <i>Ja.</i></p> | <p>1604 I: <i>Wenn der was 55 ist?</i></p> <p>1605 M: <i>Wenn der Brief 55 ehm (.) Gramm wiegt, (.) d a n n kostet der 55 Cent.</i></p> <p style="padding-left: 20px;">(Int. 3.2,28:02-28:36)</p> <p>1606 I: <i>Könntest du die Nudeln mit der Briefwaage auswiegen?</i></p> <p>1607 M: <i>Mm. (.) Glaub ich nicht.</i></p> <p>1608 I: <i>Warum nicht?</i></p> <p>1609 M: <i>Weil ich glaub, dass dann der rote Strich bis nach ganz unten geht.</i></p> <p>1610 I: <i>Wieso meinst du, dass der bis nach ganz unten geht?</i></p> <p>1611 M: <i>Weil ehm, das ist ja so schwer, wie glaub ich 100 Briefe. Und die gehen ja auch meistens bis ganz nach unten.</i></p> <p>1612 I: <i>Wieso glaubst du, dass die Nudeln so schwer sind wie 100 Briefe?</i></p> <p>1613 M: <i>Weil. (.) Eh, 100 Briefe, die werden ja immer schwerer.</i></p> |
|--|---|

Manuel kennt die Briefwaage. Dies zeigt sich sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview. Er weiß, dass man eine Briefwaage nutzt, um die Portokosten bestimmen zu können (Z. 1595, 1603), wobei er im dritten Interview das Briefgewicht mit den Portokosten gleichsetzt (Z. 1603, 1605). Da im Rahmen der Unterrichtseinheit der Bereich Post eine Rolle gespielt hat und den Kindern im Rahmen des Stationenlaufs eine Briefwaage zur Verfügung stand, liegt der Schluss nahe, dass Manuel auf im Unterricht erworbenes Wissen zurückgreift. Da die Briefwaage im ersten Interview nicht zum Einsatz kam, lässt sich aber nicht sagen, ob er sie vorher schon kannte.

Zu **beiden** Interviewzeitpunkten vertritt er die Meinung, dass die Briefwaage dazu geeignet ist, das Gewicht einer Fruchtschnitte bzw. eines Marsriegels zu bestimmen (Z. 1596f., 1600f.). Er ist also nicht der Ansicht, dass eine Briefwaage aufgrund ihrer Bezeichnung nur zum Auswiegen von Briefen genutzt werden kann. Im **dritten** Interview zeigt sich, dass er denkt, dass das Gewicht einer Nudelpackung nicht mit der Briefwaage bestimmt werden kann, weil eine Nudelpackung zu schwer sei (Z. 1609). Hier fehlt in dem von ihm aktivierten Konzept offensichtlich zum einen das Wissen darüber, wie schwer eine Nudelpackung ist. Zum anderen weiß er nicht, bis zu welchem Gewicht eine Briefwaage das Gewicht eines Briefes angeben kann. Aus diesem Grund entscheidet er aufgrund der Vorstellung, dass eine Nudelpackung so schwer wie 100 Briefe sei, dass die Briefwaage nicht die geeignete Waage zum Auswiegen sei (Z. 1611). Tatsächlich liegen die etwa 500g der Nudelpackung im Bereich der Waagenskala.

### Tafelwaage

- |   |   |
|---|---|
| <p style="padding-left: 20px;">(Int. 2.1, 03:47-04:26)</p> <p>1614 (M. soll für einen direkten Gewichtsvergleich eine Waage auswählen. Zur Aus-</p> | <p style="padding-left: 20px;">(Int. 3.1, 05:06-05:27)</p> <p>1623 I: <i>Weißt du, wie man mit der [Tafelwaage] was auswiegen kann?</i></p> |
|---|---|

- |  |  |
|--|--|
| <p>wahl stehen die Tafelwaage [TW] und die digitale Küchenwaage [DW])</p> <p>1615 I: <i>Mit welcher Waage möchtest du es denn probieren? Mit der [TW] oder mit der [DW]?</i></p> <p>1616 M: <i>(..) Mit der [TW].</i></p> <p>1617 I: <i>Wieso entscheidest du dich für die?</i></p> <p>1618 M: <i>Weil man da besser gucken kann, weil da so zwei Stäbe sind und wenn sie gleich sind, sind sie gleich schwer.</i></p> <p>1619 I: <i>Mhm. Und was wär' bei dieser [DW] hier?</i></p> <p>1620 M: <i>(9 Sek.) Also ich kann mit der [TW] besser.</i></p> <p>1621 I: <i>O.K. (..) Dann machen wir das mit der (stellt die Tafelwaage vor M. auf den Tisch). Du hast schon gesagt, wie es aussehen muss, wenn sie gleich schwer sind. Was ist denn, wenn jetzt eins doch schwerer ist als das andere?</i></p> <p>1622 M: <i>Wenn das hier (zeigt auf eine Waagschale) jetzt schwerer ist, geht das runter.</i></p> | <p>1624 M: <i>Ja.</i></p> <p>1625 I: <i>Erklär's mir mal erst, bevor du's machst.</i></p> <p>1626 M: <i>Eins tut man auf der Seite und das andere dann auf der. Und wenn beide Striche [Metallfahnen] in der Mitte sind, ist es gleich schwer.</i></p> <p>1627 I: <i>Mhm.</i></p> <p>1628 M: <i>Aber, wenn das [drückt die eine Waagschale runter] nach unten geht und das [die andere Waagschale] nach oben, ist das, was hier [untere Waagschale] liegt, schwerer.</i></p> |
|--|--|

Manuel konnte schon im ersten Interview den Gewichtsvergleich mit der Tafelwaage erklären. Dass er über dieses Konzept verfügt, bestätigt sich sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview. Dabei wählt er im **zweiten** Interview bewusst die Tafelwaage für den direkten Vergleich zweier Gegenstände aus, da er offensichtlich den Eindruck hat, dass diese Waage am besten dafür geeignet ist (Z. 1618).

Im **zweiten** und **dritten** Interview ist er zusätzlich in der Lage, die Gewichtsbestimmung mit der Tafelwaage mit Hilfe der Gewichtssteine zu erläutern:

- |  |  |
|--|--|
| <p>(Int. 2.2, 13:09-13:20)</p> <p>1629 I: <i>Weißt du, wie man damit wiegt?</i></p> <p>1630 M: <i>(nickt) Man legt jetzt zum Beispiel das [die Fruchtschnitte] auf diese Seite und dann nimmt man einen Gewichtsstein und legt den da drauf und dann muss man warten, bis die gleich sind.</i></p> | <p>(Int. 3.2, 13:39-13:56)</p> <p>1631 M: <i>(legt den Marsriegel auf die Waagschale) Da legt man jetzt das Mars hier drauf. Und dann merkt man, dass das Mars ja schwerer ist als das, weil da ja nichts drauf ist. Dann nimmt man so ein Gewicht (zeigt auf die Gewichtssteine) und wenn das, die zwei Sachen [Metallfahnen] gleich sind, dann weiß man, dass das gleich schwer ist.</i></p> |
|--|--|

### Zusammenfassung

Manuel hat im Laufe der Interviews zu allen Waagen seine Konzepte erweitert (siehe auch Konzept Wiegen, S. 228ff.).

- **Personenwaage:** Im zweiten Interview konnte er den Namen benennen, im dritten nicht mehr. Hier hat sich offensichtlich eine aktive Vernetzung mit dem gespeicherten Begriff Personenwaage wieder abgebaut, nachdem die Unterrichtseinheit längere Zeit vergangen war. Den Einsatz im Küchenumfeld hält er nicht für möglich, da die Skaleneinteilung mit Kilogrammschritten zu grob ist.

- Bei der Tafelwaage hat er das Konzept um die Möglichkeit die Gewichtsbestimmung eines Gegenstandes erweitert.
- Er kennt den Namen und den typischen Einsatzzweck der Briefwaage, vermutet aber einen direkten Zusammenhang zwischen Gewicht und Porto. Manuel geht aufgrund seiner Einschätzung der Gewichte von Marsriegel und Fruchtschnitte davon aus, dass man mit einer Briefwaage die beiden Gegenstände auswiegen kann. Eine Nudelpackung ist nach seiner Einschätzung jedoch zu schwer. Hier schätzt er entweder die Bereiche der Waagenskala oder das Gewicht der Nudelpackung falsch ein.

### Konzept: Wiegen

Im ersten Interview hatte sich gezeigt, dass Manuel zwar über Konzepte verfügte, in denen der Umgang mit den verschiedenen Waagentypen angelegt war, er in der aktiven Umsetzung der Konzepte jedoch beim Ablesen der Gewichtsangaben Probleme hatte (S. 188). Dies war zum einen auf Unsicherheiten im Umgang mit Zahlen und Einheiten zurückzuführen, zum anderen nutzte er beim Ableseprozess keine Informationen über das Gewicht des Gegenstandes. Die einzelnen Wägungen standen isoliert da.

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, bei denen es das Gewicht sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: *Schätze, wie schwer ... ist! Und **Wiege aus, wie schwer ... ist!***

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview lassen sich diesbezüglich Entwicklungen feststellen.

### Personenwaage

(Int. 2.2, 00:49-01:15)  
1632 M: (stellt sich auf die Waage) *Achtundvierz. Achtunddreißig.*  
1633 I: *Woran kannst du das sehen?*  
1634 M: *Weil vor der vierzig, wenn du zwei weniger nimmst, hast du 38.*  
1635 I: *Mhm. (.) Also wie schwer bist du?*  
1636 M: *38 Kilogramm.*

(Int. 3.2, 00:58-01:25)  
1637 M: (stellt sich auf die Personenwaage) *Wiege jetzt zum Beispiel m a l (.) 37 Kilogramm.*  
1638 I: *Woher weißt du, dass du 37 Kilogramm wiegst. Wie kannst du das able sen?*  
1639 M: *Weil hier ist ja die dreißig und der längere Strich ist die fünf und die kleinen müssen bloß fünf plus zwei zählen, dann haste sieben (.) und das plus dreißig sind 37.*

Während Manuel im ersten Interview beim Ablesen der Anzeigeskala der Personenwaage die angezeigte Zahl falsch ablas, ist er im **zweiten** und **dritten** Interview in der Lage, sein Körpergewicht richtig anzugeben (Z. 1632, 1637), wobei ihm im **zweiten** Interview zunächst der gleiche Ablesefehler unterläuft wie im ersten Interview (48 statt 38, Z. 1632). Im Gegensatz zum ersten Interview korrigiert er sich noch während des Able-



seprozesses selbständig (ebd.). Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview kann er seine Angabe über eine Analyse der Anzeigeskala erläutern (Z. 1634, 1639).

Außerdem machte Manuel im ersten Interview Gewichtsangaben in der Regel ohne Einheit. Auch hier lässt sich eine Veränderung feststellen: Im **zweiten** Interview liest er zwar zunächst nur die angezeigte Maßzahl ab (Z. 1632), auf die konkrete Nachfrage des Interviewers nach seinem Gewicht macht Manuel jedoch eine vollständige Gewichtsangabe (Z. 1636). Im **dritten** Interview macht er sofort eine vollständige Angabe mit Maßzahl und Einheit (Z. 1637).

### Analoge Küchenwaage

Im ersten Interview konnte Manuel theoretisch erläutern, wie man das Gewicht eines Gegenstandes mit einer analogen Küchenwaage bestimmt, war aber in der praktischen Umsetzung nicht in der Lage, das angezeigte Gewicht abzulesen.

Im **zweiten** und **dritten** Interview zeigen sich weiterhin Unsicherheiten beim Ablesen. Dagegen hat er sein Konzept um die Tara-Funktion erweitert.

(Int. 2.2, 02:25-04:21)

- 1640 M: (legt die Fruchtschnitte auf die Waagschale) *Gerade so, nicht ganz* (dreht an dem Tara-Rädchen).
- 1641 I: *Was heißt denn „gerade so, nicht ganz“?*
- 1642 M: (nimmt die Fruchtschnitte von der Waagschale)
- 1643 I: (dreht an dem Tara-Rädchen) *Was muss man denn erst machen?*
- 1644 M: *Daran drehen, auf die Null.*
- 1645 I: *Wieso denn?*
- 1646 M: *Weil, wenn du das jetzt zum Beispiel weiter weg hast, dann sind da ja gar keine Zahlen und dann kann man ja auch nicht sehen, wie viel das wiegt.*
- 1647 I: *Mhm.*
- 1648 M: (dreht die Skala in Nullstellung und legt die Fruchtschnitte wieder auf die Waagschale) *Das wiegt jetzt ein Kilogramm.*
- 1649 I: *Mhm. (...) Woran kannst du das sehen?*
- 1650 M: *Weil da 'ne Eins steht.*
- 1651 I: *Und die steht für*
- 1652 M: *Ein Kilo. Nee, nein, shit.*
- 1653 I: *Wieso bist du jetzt irritiert?*
- 1654 M: *(.) ein Gramm*
- 1655 I: *Steht sie jetzt für ein Gramm oder ein Kilogramm?*
- 1656 M: *Oh Mann, oh nein. (4 Sek.) Ich mein für ein Gramm.*
- 1657 I: *Wieso denn für ein Gramm und nicht für ein Kilogramm?*
- 1658 M: *Weil ein Kilogramm sind ja (...) 1000 Gramm.*
- 1659 I: *Mhm. (4 Sek.) Und wieso glaubst du, dass das ein Gramm und nicht ein Kilogramm wiegt?*
- 1660 M: *Weil, ehm (8 Sek.) Gramm ist leichter als Kilogramm.*
- 1661 I: *Und du meinst, das ist zu leicht für ein Kilogramm?*
- 1662 M: (nickt)
- 1663 I: *Und woran kannst du jetzt sehen, dass es ein Gramm ist?*
- 1664 M: (beugt sich über die Skala) (4 Sek.) *Weil's auf der Eins ist.*

(Int. 2.2, 04:53-7:00)

- 1665 M: (betrachtet die Waage, drückt auf die Waagschale und beginnt an der Skala zu drehen)
- 1666 I: *Was machst du jetzt?*

- 1667 M: *Ich dreh die, damit der Zeiger richtig auf der Null ist. (...) So, weil wenn der jetzt hier ist der Zeiger und der geht nur bis hier und das wiegt trotzdem etwas mehr, dann kann man ja nicht genau gucken. (legt die Fruchtschnitte auf die Waagschale) Vier (...) Gramm.*
- 1668 I: *Kann das denn sein, dass die Fruchtschnitte auf der Waage schwerer ist als auf der [anderen analogen Küchenwaage]?*
- 1669 M: *Ja.*
- 1670 I: *Wieso denn?*
- 1671 M: *Eh (14 Sek.) Fällt mir jetzt nichts zu ein.*
- 1672 I: *Ändert sich das Gewicht denn?*
- 1673 M: *Nein, eigentlich nicht.*
- 1674 I: *Und wieso zeigt diese Waage dann etwas anderes an? (6 Sek.) Vielleicht hast du gleich noch eine Idee. Woran siehst du eigentlich, dass das vier Gramm sind?*
- 1675 M: *Weil der Zeiger genau auf der vier ist.*
- 1676 I: *Und jeder Strich zählt wie viel?*
- 1677 M: *(.) Ein*
- 1678 I: *Mhm. Glaubst du, dass diese Fruchtschnitte eher ein Gramm oder eher vier Gramm wiegt?*
- 1679 M: *Vier.*
- 1680 I: *Warum denkst du denn eher vier Gramm?*
- 1681 M: *(25 Sek.) Weiß ich jetzt nicht.*

M. nutzt beim Einsatz der analogen Küchenwaage die Tara-Funktion, was für ihn beinhaltet, die Waage zuerst auf Null zu stellen (Z. 1644, 1667). Er kann die Tara-Funktion auch erläutern (Z. 1646, 1667).

Im **zweiten** Interview wiegt er das Gewicht der Fruchtschnitte auf zwei verschiedenen analogen Waagen aus<sup>73</sup>. In beiden Fällen interpretiert er die Striche der Waagenskala falsch.

Im ersten Fall interpretiert er den Strich für 100 Gramm, an dem eine „1“ steht, als Anzeige für ein Kilogramm (Z. 1648, 1664). Als der Interviewer die Einheit Kilogramm hinterfragt, korrigiert Manuel die Einheit zu Gramm. Er hält offenbar das Gewicht der Fruchtschnitte für zu gering, um es in Kilogramm anzugeben (Z. 1660).

Im zweiten Fall interpretiert er die Einzelstriche auf der Waagenskala, die tatsächlich 20g-Schritte markieren, als 1g-Schritte (Z. 1675f.), weswegen er das Gewicht der Fruchtschnitte entsprechend mit vier Gramm angibt (Z. 1667). Für die unterschiedlichen Gewichtsangaben der beiden analogen Küchenwaagen hat Manuel keine Erklärung (Z. 1671). Die Tatsache, dass er eher der Angabe der zweiten analogen Waage (4g) als der der ersten Waage (1g) glaubt, kann damit zusammenhängen, dass er eine nicht verbalisierbare Vorstellung davon besitzt, dass das Gewicht der Fruchtschnitte höher ist als ein Gramm. Sein aktiviertes Konzept ist jedoch noch nicht so gefestigt, dass er beide Gewichtsangaben anzweifelt, obwohl sie beide unrealistisch sind.

(Int. 3.2, 07:55-13:16)

- 1682 M: *(legt den Marsriegel auf die Waagschale, nimmt ihn wieder runter und stellt die Waage auf Null)*
- 1683 I: *Was machst du da?*
- 1684 M: *Ich dreh, dass der Strich richtig auf der Null ist. (dann legt er den Marsriegel wieder auf die Waagschale.)*
- 1685 I: *Muss der auf der Null sein?*
- 1686 M: *Ja.*

---

73 Im zweiten Interview standen den Kindern zwei verschiedene analoge Küchenwaage zur Verfügung.

- 1687 I: *Warum denn?*
- 1688 M: *Das kann man dann besser ablesen. Weil wenn* (nimmt den Marsriegel wieder von der Waage runter, verdreht die Skala wieder ein bisschen und legt den Marsriegel wieder auf die Waagschale) *der so ist und du legst den da drauf, dann kannst du ja gar nichts richtig sehen, weil der Strich dann hier ist.*
- 1689 I: *Mhm.*
- 1690 M: (dreht die Skala wieder zurück und legt den Marsriegel wieder auf die Waagschale) (15 Sek.) *Mm.*
- 1691 I: *Was überlegst du?*
- 1692 M: (.) *Ich kann das nicht so genau sehen, weil da* (.) *'n Strich in der Mitte ist.* (6 Sek.) (nimmt den Marsriegel noch einmal von der Waagschale, versucht noch einmal neu auf Null zu stellen und den Marsriegel wieder auf die Waagschale) *Dreißig eh* (13 Sek.)
- 1693 I: *Was überlegst du jetzt?*
- 1694 M: *Ich weiß nicht, ob das Kilogramm heißt oder Gramm.* (12 Sek.) *Ich mein, dass heißt Kilogramm. ??? Eh, kann doch gar nicht sein.*
- 1695 I: *Wieso kann das gar nicht sein?*
- 1696 M: *Weil hier* (zeigt auf die Skala) *ein Kilogramm ist und da zwei Kilo. Und das ist ja unter ein Kilogramm, also kann's ja kein Kilogramm sein.*
- 1697 I: *Mhm.*
- 1698 M: *Also ist er* (.) *30 Gramm.*
- 1699 I: *Was würde denn vielleicht noch gegen 30 Kilogramm sprechen?* (.) *weißt du irgendwas, was vielleicht so 30 Kilogramm oder 'n bisschen schwerer als 30 Kilogramm ist?* (8 Sek.) *Wie viel wiegst du denn zum Beispiel?*
- 1700 M: *Ich?* (.) *38.* (15 Sek.)
- 1701 I: *38 Gramm oder?*
- 1702 M: (..) *Das fällt mir nicht ein.*
- 1703 I: *Was fällt dir nicht ein?*
- 1704 M: *Wie ich das ausdrücken soll.*
- 1705 I: *Wie das was ausdrücken sollst?*
- 1706 M: *Also der Marsriegel ist ja da* [analoge Küchenwaage] *wieder leichter.*
- 1707 I: *Wo ist er leichter?*
- 1708 M: *Wie auf dieser Waage* [Briefwaage], *weil bei der war er ja 55 und bei der* [digitalen Küchenwaage] *war er 54.*
- 1709 I: *Und hier* [analoge Küchenwaage]?
- 1710 M: *Ehm. 30 Gramm.*
- 1711 I: *Und woher weißt du, dass diese Waage dreißig Gramm sagt?*
- 1712 M: (.) *Bei der Null, da kommen ja Zehnerschritte. Drei Striche sind dreißig.*
- 1713 I: *Woher weißt du, dass es Zehnerschritte sind?*
- 1714 M: *Weil hier schon die 200 ist* (zeigt auf die Skala). *Also müsste hier* (.) *die Null sein. Und dann zehn, zwanzig, dreißig, vierzig, fünfzig, sechzig, siebzig, achtzig, neunzig, hundert.*
- 1715 I: *Mhm.* (7 Sek.) *Kommt denn dann hundert?*
- 1716 M: (verneinend) *Mhm. Dann kommt die 200.* (.) *Dann die vierhundert, dann die sechshundert, dann die achthundert.*
- 1717 I: *Und wo ist der Hunderterstrich?*
- 1718 M: *Eh* (...) *Hier* (zeigt auf die Skala). *Bei der Null der kleine Strich.*
- 1719 I: *Mhm.*
- 1720 M: *Das ist dann die Hundert.* (.) *Null, Hundert, Zweihundert, Dreihundert, Vierhundert, Fünfhundert, Sechshundert, Siebenhundert, Achthundert, Neunhundert. Und dann passt das auch.*
- 1721 I: *Mhm.*
- 1722 M: *Also. Würd ich sagen, das ist* (..) *Vierzig.*
- 1723 I: *Wieso würdest du jetzt Vierzig sagen?*
- 1724 M: *Ehm. Achtzig, mein ich.*
- 1725 I: *Wieso würdest du Achtzig sagen?*
- 1726 M: *Weil hier ist ja der Hunderterstrich und minus zwanzig sind ja Achtzig.*
- 1727 I: *Auf dem wievielten Strich ist er denn?*
- 1728 M: *Dritten.* (9 Sek.)
- 1729 I: *Und der vierte Strich steht für was?*
- 1730 M: (...) *Neunzig.*

Im **dritten** Interview zeigt sich, dass sich die Tara-Funktion offensichtlich dauerhaft in seinem Konzept etabliert hat, da er auch hier auf sie zurückgreift (Z. 1684) und sie auch weiterhin erläutern kann (Z. 1688). Beim Ablesen der Gewichtsangabe wird deutlich, dass für ihn eine Gewichtsangabe mittlerweile aus Maßzahl **und** Einheit besteht, auch wenn er in dieser Situation unsicher ist, welche der Einheiten Gramm oder Kilogramm er wählen soll (Z. 1694). Aufgrund einer weiteren Analyse der Waagenskala entscheidet er sich schließlich richtigerweise für die Einheit Gramm (Z. 1696). Der Interviewerhinweis, dass im Vergleich zu seinem Körpergewicht 30 Kilogramm für die Fruchtschnitt keine realistische Angabe darstellen kann (Z. 1699), hilft Manuel in diesem Moment nicht weiter. Er ist auf seine Irritation konzentriert, dass die analoge Küchenwaage mit 30 Gramm gegenüber den Angaben der digitalen Waage (54 Gramm) und der Briefwaage (55 Gramm) so stark abweicht (Z. 1706). Dass er diese unterschiedlichen Angaben als irritierend wahrnimmt, ist als Entwicklung innerhalb seines Konzepts zu werten, da er im zweiten Interview unterschiedliche Gewichtsangaben für den gleichen Gegenstand in der Regel nebeneinander stehen ließ und nicht in Verbindung zueinander setzte.

Manuel interpretiert die Skalenstriche zunächst als 10g-Schritte. Dabei entsteht der Konflikt, dass der Strich, der dieser Schrittwerte zufolge 100g markiert, mit „200g“ beschriftet ist (Z. 1716). Dieser Konflikt führt jedoch nicht dazu, dass er seine Interpretation, wie viel jeder kleine Strich zählt, verändert. Er sucht stattdessen den Strich, der 100g anzeigt und sichert sich für diesen Strich ab, indem er die 100g-Striche bis zum 1kg-Strich überprüft. Dann zählt er ausgehend vom Strich für 100 Gramm in zwei Zehnerschritten rückwärts und gibt als Gewicht für den Marsriegel 80 Gramm an (Z. 1726). Er bleibt also bei seiner Interpretation, dass die kleinen Striche 10g-Schritte markieren, und würde wohl entsprechend wieder 30g ablesen, wenn er von der 0g-Markierung aus zählen würde. Da er aber von 100g rückwärts geht, interpretiert er den dritten Strich als 80g. Bei der Lösung seines Konflikts stößt er auf einen Fehler in seiner Skalainterpretation, der aber für den Konflikt nicht relevant ist. Weil er aber beim erneuten Ablesen anders abliest, führt der tatsächliche Fehler zu einem neuen Ergebnis, so dass Manuel den Konflikt für gelöst hält. Eigentlich müsste durch die erneut von der digitalen Waage (54g) abweichende Gewichtsangabe wieder ein Konflikt entstehen. Dieser wird jedoch nicht ausgelöst, was möglicherweise damit zusammenhängt, dass er durch den lang andauernden Interpretationsprozess den Vergleich der Gewichtsangaben vernachlässigt.

Dieses Vorgehen zeigt, dass Manuel im **dritten** Interview mit der Interpretation der Waagenskala zwar schon differenzierter umgeht als noch im **zweiten** Interview. Trotzdem gelingt es ihm nicht, das angezeigte Ergebnis richtig abzulesen. Den durch seine Interpretation auftretenden Konflikt löst er auch nicht auf, sondern passt das Ergebnis insofern an, als dass seine Interpretation mit dem weiteren Verlauf der Skala zusammenpasst. Dabei fällt ihm nicht auf, dass durch seine Interpretation der gleiche Strich, je nachdem von welcher Seite er abzählt, dreißig Gramm oder achtzig Gramm anzeigt.

**Briefwaage<sup>74</sup>**

	(Int. 2.2, 07:56-09:51) (M. hat das Gewicht der Fruchtschnitte schon mit zwei analogen Küchenwaagen (1g bzw. 4g) bestimmt.)		(Int. 3.2, 6:00-06:38) (M. hat das Gewicht des Marsriegels schon mit der digitalen Waage bestimmt.)
1731	M: (legt die Fruchtschnitte auf die Waagschale und bewegt seinen Kopf zum Ablesen auf Zeigerhöhe) (30 Sek.) <i>Siebzig (...) Kilogramm.</i>	1736	M: (legt den Marsriegel auf die Waagschale und bewegt seinen Kopf zum Ablesen auf Zeigerhöhe) <i>Der wiegt (...) 55.</i>
1732	I: <i>Mhm. (...) Welcher Waage würdest du denn jetzt glauben? (13 Sek.) Oder hast du eine Idee dafür, warum das so unterschiedliche Zahlen sind? (4 Sek.) Irritiert dich das?</i>	1737	I: <i>Mhm. Wie hast du das abgelesen?</i>
1733	M: <i>Mhm.</i>	1738	M: <i>Weil ja die fünfzig ist ja 'nen größerer Strich und in der Mitte (.) ist noch ein kleiner großer Strich und das ist ja die fünf. (...) Und weil der rote [Zeiger] auf der fünf ist</i>
1734	I: <i>Wieso irritiert dich das denn?</i>	1739	I: <i>Und wieso hast du deinen Kopf so nach unten bewegt, um das abzulesen?</i>
1735	M: <i>Weil die jetzt auf siebzig zeigt, die andere auf eins und die andere auf vier. (35 Sek.) Also es irritiert mich jetzt total.</i>	1740	M: (zeigt auf die Skala) <i>Weil sonst konnte ich nicht genau sehen, wie das vom Gewicht ist.</i>

Im **zweiten** Interview ist Manuel in der Lage, die angezeigte Maßzahl von der Waagenskala abzulesen, wählt aber die falsche Einheit (Z. 1731). Man hat jedoch nicht den Eindruck, dass er in diesem Moment über die Wahl der Einheit nachdenkt. Vielmehr irritieren ihn die differierenden Maßzahlangaben der verschiedenen Waagen (70kg vs. 1g vs. 4g). Dass die von ihm genannte Angabe der Briefwaage mit 70kg noch mehr aufgrund der gewählten Einheit Kilogramm von den vermeintlichen Angaben der anderen Waagen (1g bzw. 4g) abweicht, ignoriert er. Das deutet darauf hin, dass innerhalb des aktivierten Konzepts Einheiten noch wenig Bedeutung haben und auch nicht mit Vorstellungen verbunden sind.

Im **dritten** Interview ist er ebenfalls in der Lage, die Gewichtsangabe richtig abzulesen. Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview fällt auf, dass er beim Ablesen seine Augen in Zeigerhöhe begibt (Z. 1731, 1736). Im **dritten** Interview begründet er auf Nachfrage sein Vorgehen damit, dass er andernfalls das Gewicht nicht hätte richtig ablesen können (Z. 1740). Ihm ist also bewusst, dass die Haltung des Kopfes Einfluss auf das abgelesene Ergebnis hat.

**Digitale Küchenwaage**

Im ersten Interview kannte Manuel die digitale Küchenwaage nicht. In der dort auftretenden Interviewsituation war die Waage bereits eingeschaltet, so dass keine Aussage getroffen werden konnte, inwieweit Manuel selbständig herausgefunden hätte, wie die Waage einsatzbereit gemacht wird. Abgesehen davon bereitete ihm im ersten Interview das Ablesen der Gewichtsangabe Schwierigkeiten.

<sup>74</sup> Bei der eingesetzten Briefwaage handelt es sich um eine analoge Briefwaage mit einer senkrechten Skala, so dass man von der Seite statt von oben auf die Skala schaut. Die Augen müssen also mit dem Zeiger in einer Waagerechten sein, orthogonal zur Skala.

Im **zweiten** Interview zeigt die folgende Interviewsituation seinen ersten Kontakt innerhalb des Interviews mit der digitalen Küchenwaage:

(Int. 2.1, 10:55-11:38)

- 1741 M: (legt die Vergleichsknetrolle auf die Waagschale, betrachtet die Anzeige, drückt auf die Waagschale, betrachtet die Anzeige) *Warum zeigt da nichts an?*  
1742 I: *Hast du eine Idee, wie die Waage funktioniert?*  
1743 M: (Verneinend) *Mhm.*  
1744 I: *Legen wir die Rolle noch mal runter.*  
1745 M: (guckt sich die Waage von allen Seiten an, drückt noch einmal kräftig auf die Waagschale und legt dann die Vergleichsrolle wieder auf die Waagschale.) *32 Gramm* (nimmt die Vergleichsrolle wieder von der Waagschale und legt seine Rolle auf die Waagschale). *24. (...) Da müssen noch zehn dazu. (...)* (nimmt die Rolle wieder von der Waagschale)

Manuel wundert, dass die Waage zunächst nichts anzeigt (Z. 1741). Auf Nachfrage des Interviewers gibt er an, dass er nicht wisse, wie die Waage funktioniere (Z. 1743)<sup>75</sup>. Hierbei wird nicht deutlich, ob er damit speziell diese Waage oder digitale Waagen generell meint. Ihm ist offensichtlich nicht bewusst, dass eine digitale Waage erst eingeschaltet werden muss, da er nicht nach einem Einschalter sucht. Stattdessen versucht er durch sein Drücken auf die Waagschale, mehr Gewicht auf die Waage zu bringen, weil die Waage eventuell nicht sensibel genug reagiert, wodurch es im letztlich zufällig gelingt, die Waage einzuschalten. Seine Unkenntnis überrascht insofern, als dass der Umgang mit Waagen Inhalt der Unterrichtsreihe war.

Diese Erfahrung führt jedoch dazu, dass ihm im späteren Interviewverlauf bewusst ist, dass er die digitale Waage erst einschalten muss, bevor er sie nutzen kann, wie das folgende Beispiel zeigt:

(Int. 2.2, 10:25-12:18)

- 1746 I: *Kannst du mit der Waage die Fruchtschnitte auswiegen?* (M. nickt) *Dann mach das mal.*  
1747 M: *Die muss man erst mal anstellen* (hebt die Waage hoch, betrachtet sie von allen Seiten, sucht einen Bedienungsknopf) *Ich hab' keine Ahnung.*  
1748 I: *Kannst du dich nicht erinnern?* [M. hatte die Waage bereits im ersten Interviewteil am Vortag einmal verwendet und dort selbständig angestellt.] (I. zeigt ihm, wo er drücken muss.)  
1749 M: (schaltet die Waage ein, wartet auf die Nullanzeige und legt die Fruchtschnitte auf die Waagschale) *Achtundsiebzig. Sechundsiebzig.*  
1750 I: (..) *Sechundsiebzig was denn?*  
1751 M: *Gramm.*  
1752 I: *Sicher?*  
1753 M: (nickt) *Mhm.* (14 Sek.) *Weil da 'n „g“ wie Gramm ist* (zeigt auf die Anzeige).  
1754 I: *76 Gramm. (..) Was hast du auf den anderen Waagen abgelesen?*  
1755 M: *Ein Gramm, vier Gramm, 70 Gramm, 76 Gramm.*  
1756 I: *Was würdest du denn schätzen, wie schwer die ist?*  
1757 M: *So wie's auf dieser Waage ist.*  
1758 I: *Wieso würdest du denn dieser Waage jetzt glauben?*  
1759 M: (9 Sek.) *Weil ich der glaub.*  
1760 I: *Glaubst du denn, dass die Briefwaage dir etwas ganz Falsches angezeigt hat, mit den 70 Gramm?*  
1761 M: *Ja. (...) Glaub ich schon.*

Im Gegensatz zum ersten Interview ist Manuel im **zweiten** Interview in der Lage, die Gewichtsangabe richtig abzulesen (Z. 1745, 1749). Die Einheit Gramm (Z. 1751) er-

---

<sup>75</sup> Die im Interview eingesetzte digitale Waage hat keinen sichtbaren Schalter, sondern wird durch Druck auf den Rand der Waagschale, wo sich das Anzeige-Display befindet, eingeschaltet.

klärt er über die Anzeige „g“. Er hat entweder im Rahmen des Unterrichts oder aufgrund von außerschulischem Einfluss gelernt, dass die Einheit Gramm mit einem „g“ abgekürzt wird. Er argumentiert nicht darüber, dass die Einheit Kilogramm in Verbindung mit der genannten Maßzahl 76 als Gewicht für die Fruchtschnitte keinen Sinn machen würde.

Manuel hat sehr unterschiedliche Gewichtsangaben für die Fruchtschnitte auf den verschiedenen Waagen abgelesen (Z. 1755). Er selbst gibt an, dass er der Angabe der digitalen Waage glaube (Z. 1759). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Gewichtsangabe der digitalen Waage als konkrete Zahl ablesbar ist, während bei den anderen Waagen das Ablesen der Waagenskala Interpretationsspielraum lässt. Dabei fällt auf, dass er auch die Angabe der Briefwaage (70g) für falsch hält. Die Nähe der Zahlen 70 und 76 ignoriert er. Ein Grund kann sein, dass ihm der Interpretationsspielraum und mögliche Ungenauigkeiten in der Funktionsweise der Waagen nicht bewusst sind. Im Gegensatz zum ersten Interview fallen ihm die unterschiedlichen Gewichtsangaben jedoch auf, was zeigt, dass die einzelnen Wägungen nicht isoliert nebeneinander stehen. Den dadurch entstehenden Konflikt löst er, indem er ein Ergebnis als das richtige bestimmt.

Das folgende Beispiel aus dem **zweiten** Interview bestätigt, dass er im Umgang mit der digitalen Waage noch unsicher ist. Während es für ihn bei der analogen Waage selbstverständlich war, die Waage zunächst auf Null zu stellen, wartet er die Nullanzeige bei der digitalen Waage nicht in jedem Fall ab (vgl. Z. 1749):

(Int. 2.2, 24:02-24:22)

1762 I: *Warum nimmst du die Waage?*

1763 M: *Weil ich schätze, dass ich mit der besser wiegen kann* (stellt die Waage an und legt sofort die Schraube drauf) *Null Gramm.* (nimmt die Schraube wieder runter, guckt etwas irritiert auf die Waagenanzeige)

Seine Äußerung, dass er mit der digitalen Waage besser wiegen (das Gewicht bestimmen) kann, ist daher weniger auf große Sicherheit im Umgang zurückzuführen, sondern vielmehr auf die schon vorher genannte große Genauigkeit.

Im **dritten** Interview zeigt sich, dass er auch im Umgang mit der digitalen Waage sicherer geworden ist:

(Int. 3.1, 14:30-14:56)

1764 M: (schaltet die Waage ein, wartet auf die Nullanzeige, legt die Plastikkugel auf die Waagschale und nimmt sie wieder runter) *Die wiegt zwölf.* (dann legt er die Knetkugel auf die Waagschale) *Da ist 22* (nimmt die Knetkugel in die Hand). (.) *Dann müsst' ich bei der noch was abnehmen.*

Während er im zweiten Interview noch nicht in jedem Fall auf die Nullanzeige gewartet hat, macht er dies im **dritten** Interview eigeninitiativ (Z. 1764). Dass es sich hierbei um ein bewusstes Warten handelt, zeigt der folgende Ausschnitt, in dem er das Warten sogar verbalisiert (Z. 1766).

(Int. 3.2, 04:33-04:59)

1765 I: *Weißt du, wie die funktioniert? Kannst du damit einen Marsriegel auswiegen?*

- 1766 M: *Also erst drückt man die an (schaltet die Waage ein), dann wartet man, bis die Achten weg sind, und dann legt man das drauf (legt den Marsriegel auf die Waagschale) und der wiegt jetzt 54 Gramm.*
- 1767 I: *Woher weißt du, dass das 54 Gramm wiegt?*
- 1768 M: *Weil hier ne fünf ist und da 'ne vier und und da 'n 'g' für Gramm. (.) Weil sonst wär da ja 'kg' für Kilogramm.*

Die genannte Einheit Gramm begründet er genau wie im zweiten Interview auch über das angezeigte „g“ als Abkürzung für Gramm und nicht über die inhaltliche Bedeutung.

### Tafelwaage

Wie im ersten Interview kann Manuel im **zweiten** und **dritten** Interview die Tafelwaage zum direkten Gewichtsvergleich einsetzen:

- |  |   |
|--|---|
| <p>(Int. 2.1, 04:31-04:39)</p> <p>1769 (M.s Handwaage hat ergeben, dass sich die Pralinenschachtel und die Serviettenpackung gleich schwer anfühlen. Es folgt ein direkter Vergleich mit der Tafelwaage.)</p> <p>1770 M: (legt die Pralinenschachtel auf die eine Waagschale und die Serviettenpackung auf die andere Waagschale) <i>Waren die Pralinen doch schwerer.</i></p> | <p>(Int. 3.1, 05:30-05:43)</p> <p>1771 M: (legt die CD auf die eine Waagschale und die Servietten auf die andere Waagschale). <i>Die Servietten sind schwerer als die CD.</i></p> |
|--|---|

Während er zum Zeitpunkt des ersten Interviews noch kein Konzept für das Auswiegen eines Gegenstandes mit der Tafelwaage aufgebaut hatte, zeigt sich sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview, dass er nun über ein solches Konzept verfügt:

- (Int. 2.2, 13:09-18:33)
- (M. hat das Gewicht der Fruchtschnitte schon mit der analogen sowie der digitalen Küchenwaage und der Briefwaage bestimmt.)
- 1772 I: *Weißt du, wie man damit wiegt?*
- 1773 M: (nickt) *Man legt jetzt zum Beispiel das [die Fruchtschnitte] auf diese Seite und dann nimmt man einen Gewichtsstein und legt den da [andere Waagschale] drauf und dann muss man warten, bis die gleich sind.*
- 1774 I: *O.K., dann versuch doch mal die Fruchtschnitte auszuwiegen.*
- 1775 M: (legt einen 100g-Stein auf die Waagschale) *Also 100 Gramm ist zu schwer (nimmt den Stein wieder runter und legt dafür einen 50g-Gewichtsstein auf die Waagschale). 50 Gramm zu wenig. (+20g) Siebzig ist auch zu leicht. (+10g, -20g, +10g)*
- 1776 I: *Wie viel liegen da jetzt?*
- 1777 M: *Da liegen jetzt 70. (+5g, +2g)*
- 1778 I: *Wie viel liegen da jetzt?*
- 1779 M: *Sechsend. Siebenundsiebzig [M. nimmt den 50g-Gewichtsstein herunter, obwohl die Waagschale mit den Gewichtssteinen noch etwas höher steht.] (-50g)*
- 1780 I: *Welchen hast du gerade runtergenommen?*
- 1781 M: *Den Fünfziger.*
- 1782 I: *Warum hast du den runtergenommen?*
- 1783 M: *Weil das angeblich nicht gepasst hat (+10g, +20g, +50g, -20g, -50g, +20g, -5g, -2g)*
- 1784 I: *Welche nimmst du jetzt wieder runter?*
- 1785 M: *Ich nehm erst mal die kleinen. Weil wenn ich den Fünfziger runter nehme, ist das [Fruchtschnitte] wieder etwas zu schwer.*
- 1786 I: *Du hast ja die Fruchtschnitte auf den anderen Waagen schon gewogen. Deswegen hast du doch schon eine Vermutung. (.) Oder meinst du, auf dieser Waage kann die Fruchtschnitte ein ganz anderes Gewicht haben?*



- 1787 M: (verneinend) *Mhm.* (nimmt Gewichtssteine runter, legt dafür wieder welche drauf, bis sich die Waage im Gleichgewicht befindet. Welche Steine er hier einsetzt, ist im Video nicht erkennbar.) *Ist fast gleich.*
- 1788 I: *Wie viel Gramm liegen denn da jetzt?*
- 1789 M: *Siebzig, Fünfundsiebzig, Siebenundsiebzig, (.) Achtundsiebzig (..) Gramm.*
- 1790 I: *Welche einzelnen Stücke liegen denn da?*
- 1791 M: *Ein Fünfziger, zwei Zweier, ein Fünfer und ein Zwanziger.*

Im **zweiten** Interview wirkt Manuels Vorgehen dabei unsystematisch. Offenbar nutzt er sein aus den vorangegangenen Wägungen aufgebautes Wissen über das Gewicht der Fruchtschnitte nicht, sondern startet einen Wägung, als sei ihm das Gewicht nicht bekannt. Andererseits differierten die angeblichen Gewichtsangaben (1g, 4g, 70g, 76g) so stark, dass dies dazu geführt haben kann, dass er das Wissen nicht einsetzt, weil ihm ein brauchbarer Zusammenhang fehlt. Dabei ist sein Vorgehen nicht geplant, was dadurch deutlich wird, dass er unstrukturiert Gewichtssteine auf die Waagschale legt oder auch wieder herunter nimmt (u.a. Z. 1779, 1783). Besonders auffällig ist dabei die Situation, als auf der Waagschale mit den Gewichtssteinen 77 Gramm liegen, was nur noch minimal zu leicht ist, Manuel aber trotzdem den schwersten der aufliegenden Gewichtssteine (50g) entfernt (Z. 1779). Als der Interviewer ihn nach langem Probieren auf die Gewichtsangaben der anderen Waagen hinweist (Z. 1786), gelingt es Manuel, die Wägung zu Ende zu führen. Durch das Eingreifen des Interviewers wurde das Interviewgeschehen gelenkt; Manuels anschließender Erfolg zeigt jedoch, dass dieser Hinweis wohl entscheidend war. Beim abschließenden Zusammenrechnen verrechnet sich Manuel um ein Gramm (Z. 1789ff.), was eine Unsicherheit beim Rechnen bestätigt (vgl. Kap. Konzept *Umgang mit Maßangaben*, S. 219).

(Int. 3.2, 13:39-14:58)

(M. hat das Gewicht des Marsriegels schon mit der analogen sowie der digitalen Küchenwaage und der Briefwaage bestimmt.)

- 1792 M: (legt den Marsriegel auf die Waagschale) *Da legt man jetzt das Mars hier drauf. Und dann merkt man, dass das Mars ja schwerer ist als das, weil da ja nichts drauf ist. Dann nimmt man so ein Gewicht (zeigt auf die Gewichtssteine) und wenn das, die zwei Sachen [Metallfahnen] gleich sind, dann weiß man, dass das gleich schwer ist (legt einen 100g-Gewichtsstein auf die andere Waagschale) Das ist schon zu schwer (nimmt ihn wieder runter, ersetzt ihn durch einen 50g-Gewichtsstein)*
- 1793 I: *Was ist das?*
- 1794 M: *Fünfzig.*
- 1795 I: *Und ist das zu schwer oder leicht?*
- 1796 M: *Zu leicht.*
- 1797 I: *Woran siehst du das?*
- 1798 M: *Weil hier: Geht das Mars ja runter, also ist es schwerer Und das geht ja hoch. (.) Dann nehm ich jetzt mal (.) einen Fünfer.*
- 1799 I: *Warum nimmst du noch einen Fünfer?*
- 1800 M: *Weil das ja gerade auf einer Waage 55 war. (5 Sek.) Und das ist gleich. (.) Also hier hab ich jetzt 55 (zeigt auf die Waagschale mit den Gewichtssteinen) drauf und da (zeigt auf die Waagschale mit dem Marsriegel) sind dann auch 55.*
- 1801 I: *Das heißt, wie schwer ist der Marsriegel?*
- 1802 M: *55 Gramm.*

Im **dritten** Interview scheint Manuel zunächst wieder sein Wissen über das ihm bekannte Gewicht des Marsriegels zu ignorieren, da er seine Wägung mit einem 100g-Gewichtsstein beginnt (Z. 1792). Direkt im Anschluss legt er aber Gewichtssteine, die in

der Summe 55 Gramm ergeben, und beruft sich dabei auf das ihm bekannte Gewicht (Z. 1800). Hier vernetzt er also sein vorhandenes Wissen mit der aktuellen Situation und gelangt so zum Erfolg.

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview bestehen die Gewichtsangaben aus Maßzahl und Einheit (Z. 1775, 1802).

Manuels Umgang mit der Tafelwaage zeigt, dass er wahrscheinlich aufgrund der unterrichtlichen Behandlung ein Konzept angelegt hat, das den Umgang mit der Tafelwaage beinhaltet.

Nach eigener Aussage zieht er die Tafelwaage neben dem Gewichtsvergleich auch für die Gewichtsbestimmung den anderen Waagen vor:

(Int. 3.2, 15:18-16:07)

1803 I: *Jetzt hast du ja verschiedene Waagen ausprobiert. Welcher Waage würdest du denn am ehesten vertrauen?*

1804 M: (...) *Ehm. (...) Dieser [Tafelwaage]. Das ist ja leichter. Brauchst ja nur alle [Gewichtssteine] drauf tun, und wenn du's passend hast, dann passt das hier [Metallfahnen].*

1805 I: *Und bei den anderen Waagen, wie ist das da?*

1806 M: *Da ist das schwieriger. Bei der [analogen Küchenwaage] bin ich ins Grübeln gekommen. (...) Der Marsriegel jetzt. Weil hier so Schritte sind, weil da eigentlich wo die Hundert ist, ist schon Zweihundert. (...) Deswegen habe ich das nicht richtig kapiert.*

Maßgeblich ist bei dieser Entscheidung sicher, dass er das Gewicht des Marsriegels schon kannte, und er dieses Wissen mit in den Wägeprozess einbezogen hat. Offen bleibt, wie er ein unbekanntes Gewicht bestimmen würde, da die Gewichtsbestimmung mit der Tafelwaage auf Schätzen zurückgreift: Der erste Gewichtsstein resultiert aus einer Abschätzung des Gewichts.

### Zusammenfassung

Während Manuel im ersten Interview Probleme damit hatte, die Gewichtsangaben der unterschiedlichen Waagen richtig abzulesen, zeigen sich diesbezüglich deutliche Fortschritte in den Folgeinterviews.

- Die Einheiten gehören für ihn zunehmend zu einer Gewichtsangabe dazu. Zum Teil verwechselt er sie aber weiterhin, so dass die entsprechende Gewichtsangabe dadurch nicht sinnvoll ist. Der daraus entstehende Konflikt fällt ihm nicht auf, was zeigt, dass er die Bedeutung der Einheiten noch nicht ganz durchschaut hat (vgl. Konzept *Einheiten*, S. 213)
- Im Umgang mit den Waagen hat er das vorhandene Konzept um die Tara-Funktion erweitert; zunächst in Bezug auf die analoge Küchenwaage, im dritten Interview auch bei der digitalen Küchenwaage.
- Die Interpretation der Waagenskala bei der analogen Küchenwaage bereitet Probleme, was zu falschen Gewichtsangaben führt. Während er im ersten Interview keinen Bezug zum Rest der Skala herstellt, macht er dies im dritten Interview;

dadurch deckt er einen Konflikt auf, den er zwar nicht beheben kann, er hat aber die Skala auch im Ganzen betrachtet.

- Im ersten Interview weiß er nicht, wie man mit Hilfe der Tafelwaage das Gewicht eines Gegenstandes bestimmt; hierfür zeigt er ein Konzept im zweiten und dritten Interview.
- Während im ersten Interview die Wäageergebnisse mit verschiedenen Waagen isoliert nebeneinander stehen, so dass ihm Gewichts differenzen nicht auffallen, zeigt er im zweiten Interview diesbezüglich eine Irritation. Im dritten Interview wird deutlich, dass er die Gewichtsangaben unterschiedlicher Waagen für den gleichen Gegenstand miteinander in Verbindung bringt: So nutzt er z.B. auch das ihm bekannte Gewicht des Marsriegels beim Einsatz der Tafelwaage.

### 3.2.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“

#### **Konzept: Stützpunktwissen**

Während Manuel im ersten Interview keinerlei Stützpunktwissen aktivieren konnte (S. 193), ist dies im **zweiten** und **dritten** Interview anders:

(Int. 2.1, 24:20-24:54)

- 1807 I: *Kennst du irgendwas, was ein Kilogramm schwer ist?*  
 1808 M: (.) *Ja. (.) Zuhause, mein Teddy.*  
 1809 I: *Mhm. Und noch irgendwas anderes?*  
 1810 M: (7 Sek.) *Ja, Papas Colaflasche. (13 Sek.) Sonst fällt mir nichts mehr ein.*

(Ausschnitte aus Int. 2.2, 20:50-32:54)

[M. nimmt die Mehlpackung nicht in die Hand.]

- 1811 **Packung Mehl:** I: *Und was schätzt du, wie schwer ist diese Packung Mehl?*  
 1812 M: (..) *Ein Kilogramm.*  
 1813 I: *Wieso schätzt du ein Kilogramm?*  
 1814 M: *Weil, (.) mit Sicherheit ganz schön schwer ist, als die anderen und damit tipp ich ein Kilogramm.*  
 1815 **Packung Reis:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer ist diese Packung Reis?*  
 1816 M: (20 Sek.) *Ein Kilogramm.*

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Löffel: *Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand und in eine weitere Tüte 1g Sand.* Zusätzlich wird das Kind gefragt: **Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt?** und **Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?**

Im **zweiten** Interview nennt Manuel als Stützpunktwissen für ein Kilogramm seinen Teddy sowie eine Colaflasche (Z. 1808, 1810). Geht man davon aus, dass es sich bei der Colaflasche um eine Einliterflasche handelt, ist die Benennung der Flasche als Stützpunktwissen für ein Kilogramm als angemessen zu sehen. Dagegen überrascht die Nennung seines Teddybärs, da ein Teddybär mit einem Kilogramm Gewicht eher ungewöhnlich ist. Andererseits deutet auch gerade die Ungewöhnlichkeit darauf hin, dass seine Angabe stimmen könnte. Es ist möglich, dass er im Rahmen der Unterrichtseinheit sein Kuscheltier ausgewogen und sich gemerkt hat, dass es (ungewöhnlicherweise) ein Kilogramm wiegt. Dann wäre es ein „Erfolg“ des Unterrichts, dass er sich dies gemerkt

hat, der aber nicht lange anhält – im dritten Interview nennt er das Gewicht des Teddys nicht mehr.

Außerdem schätzt er sowohl das Gewicht einer Packung Mehl als auch eines Paketes Reis auf ein Kilogramm, in beiden Fällen beruft er sich bei diesen Schätzangaben nicht auf möglicherweise vorhandenes Wissen. Da im Unterricht jedoch thematisiert wurde, dass eine Packung Mehl ein Kilogramm wiegt (vgl. Einzelfallanalyse Anja, Konzept *Schätzen*, S. 169), kann die Gewichtsangabe für die Packung Mehl als nicht fest verankertes Stützpunktwissen gewertet werden. Er ruft in der Schätzsituation nicht bewusst sein Wissen ab, es wird aber trotzdem aktiviert. Seine Angabe für das Paket Reis kann hiermit zusammenhängen, da die beiden Packungen ungefähr gleich groß sind. So ist eine mögliche Interpretation, dass Manuel aufgrund der Unterrichtseinheit gespeichert hat, dass Mehl und Zucker in ein Kilogramm-Packungen verkauft werden, und dies auf das Paket Reis überträgt.

Im **dritten** Interview nennt Manuel andere Gegenstände als Beispiele für ein Kilogramm:

(Int. 3.1, 27:26-27:40)

1817 I: *Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt?*

1818 M: *E h m . (...) Ja, Mamas Putenschnitzel*

1819 I: *Mhm. (...) Noch was anderes?*

1820 M: (verneinend) *Mhm.*

(Ausschnitt aus Int. 3.2, 17:10-32:35)

1821 **Paket Zucker:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer ist dieses Paket Zucker?*

1822 M: (prüft das Gewicht manuell) (4 Sek.) *Ein Gramm, (...) nee ein Kilogramm.*

1823 I: *Ein Gramm oder ein Kilogramm?*

1824 M: *Ein Kilogramm.*

1825 I: *Wieso Kilogramm und nicht Gramm?*

1826 M: *Weil ich gestern auf Mamas, die hat ja den gleichen Zucker ???*

1827 I: *Und was steht da drauf?*

1828 M: *Ehm. Ein Kilogramm. (...) Das ist tausend Gramm.*

1829 I: *Was steht denn drauf ein Kilogramm oder tausend Gramm?*

1830 M: *Also tausend Gramm ist ja ein Kilogramm.*

Im **dritten** Interview nennt er als Stützpunktbeispiel für ein Kilogramm „Mamas Putenschnitzel“ (Z. 1818). Hier ist denkbar, dass er beim Einkaufen gehört hat, dass seine Mutter ein Kilogramm Putenschnitzel gekauft hat. Dieses Wissen ist jedoch kaum als Stützpunktwissen verwendbar, weil es sich nicht um eine genormte Verpackungseinheit von Putenschnitzeln handelt. Eine Anwendung in Stützpunkt**vorstellungen** in der Form „das fühlt sich so schwer an wie Mamas Putenschnitzel, und die wiegen ein Kilogramm“ ist allenfalls denkbar, wenn Manuels Mutter regelmäßig eine solche Menge kauft und Manuel diese Menge auch regelmäßig in die Hand nimmt, um das dabei erfahrene Gewicht abzuspeichern. Anders dagegen ist das zweite Beispiel aus dem dritten Interview zu werten: Manuel weiß, dass ein Paket Zucker ein Kilogramm wiegt (Z. 1824ff.).

## Zusammenfassung

Während Manuel im ersten Interview noch keinerlei Beispiel-Gegenstände für ein Kilogramm nennen konnte, nennt er sowohl im zweiten als auch im dritten Interview Beispiele. Hierbei fällt auf, dass seine Beispiele in allen Fällen immer konkret, nicht abstrakt (allgemein) sind: „mein Teddy“ - nicht „ein Teddy“, „Papas Colaflasche“ - nicht „eine Colaflasche“, „Mamas Putenschnitzel“ - nicht „eine Packung Putenschnitzel“. Auch beim Zucker spricht er von „Mamas Zucker“, hier ist jedoch eine Verallgemeinerung sichtbar, da er aus dem Gewicht von „Mamas“ Zuckerpackung auf das im Interview eingesetzte Zuckerpaket schließt. „Typisches“ Stützpunktwissen ist sinnvollerweise allgemeiner. Manuel scheint sich dagegen sehr an ausgewogenen Gegenständen zu orientieren, die im zweiten Interview unter Umständen auf unterrichtliche Erfahrung (Hausaufgaben) zurückzuführen sind, wodurch sich auch die „exotischen“ Beispiele erklären lassen. Als allgemeineres Stützpunktwissen für ein Kilogramm kann das Paket Zucker, die Mehlpackung und auch die Colaflasche gewertet werden. Innerhalb dieses Teilkonzepts hat demnach eine Entwicklung stattgefunden, da Manuel in den beiden Folgeinterviews Stützpunktbeispiele benennen kann. Hierbei handelt es sich zum Teil aber nicht um langfristig gespeichertes Wissen, das damit auch für den Aufbau von Stützpunktvorstellungen nicht brauchbar ist.

## Konzept: Schätzen

Im ersten Interview hat Manuel ein Konzept für das Schätzen aktiviert, bei dem er im Schätzprozess auf einen internen Gewichtsvergleich mit einer während des Interviews aufgebauten Stützpunktvorstellung zurückgriff (S. 193). Außerdem entstand der Eindruck, dass er über eine Stützpunktvorstellung für ein Kilogramm verfügte. Im Rahmen der Schätzaufgaben verwechselt er die Begriffe Gramm und Kilogramm.

**Aufgabe 2.3:** Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände gelegt, bei denen es das Gewicht sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll: **Schätze, wie schwer ... ist! Und Wiege aus, wie schwer ... ist!**

Die folgenden Interviewsequenzen zeigen Manuels Vorgehen sowie seine Schätzangaben im **zweiten** Interview, zu beachten ist, dass er – abgesehen vom Fußball – bei keinem der Gegenstände das Gewicht manuell kontrollierte.

(Ausschnitte aus Int. 2.2, 20:50-32:54)

[M. nimmt – abgesehen vom Fußball – keinen Gegenstand in die Hand.]

1831 **Banane:** I: *Schätz doch mal, wie schwer ist die Banane?*

1832 M: (7 Sek.) *60 Gramm*

1833 **Tüte Weingummi:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer diese Tüte ist?*

1834 M: *Mm. (12 Sek.) 20. So 20, 30.*

1835 **Zahnbürste:** I: *Was schätzt du, wie schwer ist diese Zahnbürste?*

1836 M: (...) *So um die zehn Gramm.*

1837 **Packung Mehl:** I: *Und was schätzt du, wie schwer ist diese Packung Mehl?*

1838 M: (...) *Ein Kilogramm.*

- 1839 I: *Wieso schätzt du ein Kilogramm?*  
1840 M: *Weil, (.) mit Sicherheit ganz schön schwer ist, als die anderen und damit tipp ich ein Kilogramm.*
- 1841 **CD:** I: *Und was schätzt du, wie schwer ist diese CD?*  
1842 M: *(...) So um fünf. (.) Fünf bis zehn. (.) Gramm.*
- 1843 **Schraube:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer ist diese Schraube?*  
1844 M: *(.) Ein. (.) Null. (.) Ein Gramm, so was.*
- 1845 **Marsriegel:** I: *Schätz doch mal, wie schwer der ist.*  
1846 M: *F ü n f Gramm.*
- 1847 **Birne:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer ist die Birne?*  
1848 M: *(18 Sek.) 60 (.) Gramm.*
- 1849 **Packung Reis:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer ist diese Packung Reis?*  
1850 M: *(20 Sek.) Ein Kilogramm.*
- 1851 **Fußball:** I: *(gibt Manuel den Fußball in die Hand) Was schätzt du denn, wie schwer dieser Fußball ist?*  
1852 M: *(15 Sek.) 1005.*
- 1853 **Sack Äpfel:** I: *Was schätzt du, wie schwer ist dieser Sack mit Äpfeln?*  
1854 M: *Auf jeden Fall über 1000. (.) 1050.*

Während Manuel im ersten Interview aufgrund eines Interviewerhinweises zu Beginn der Schätzreihe die Gegenstände beim Schätzprozess konsequent in die Hände nahm, macht er dies im zweiten Interview bei keinem Gegenstand selbständig – den Fußball gibt ihm der Interviewer in die Hand (Z. 1851). Obwohl alle anderen Gegenstände nacheinander mit der Aufforderung, sie zu schätzen, vor ihn gestellt werden, impliziert dies für ihn nicht, das Gewicht der Gegenstände manuell zu prüfen. Das bedeutet, dass innerhalb seines aktivierten Konzepts das manuelle Prüfen des Gewichts nicht als erforderlich gesehen wird. Dies kann damit zusammenhängen, dass es für ihn aufgrund fehlender Vorstellungen nicht hilfreich ist, das Gewicht der Gegenstände zu fühlen. Alternativ ist möglich, dass er sich nicht traut, die Gegenstände eigeninitiativ anzufassen.

Im ersten Interview entstand der Eindruck, dass er das Gewicht der Gegenstände mit einer Stützpunktvorstellung für ein Kilogramm verglich, um einordnen zu können, ob der vorliegende Gegenstand leichter oder schwerer als ein Kilogramm war. Außerdem ließ sich sein Schätzprozess in einer Situation auf einen internen Gewichtsvergleich mit einer vorab ad hoc aufgebauten Stützpunktvorstellung zurückführen. Dieses vergleichende Vorgehen zeigt, dass Teil seines Schätzkonzepts der Rückgriff auf Stützpunktvorstellungen war. Im zweiten Interview findet sich kein offensichtliches Beispiel für eine ad hoc aufgebaute Stützpunktvorstellung. Außerdem äußert er bei keiner Schätzung, dass das Gewicht des Gegenstandes schwerer oder leichter als ein Kilogramm einzustufen sei.

Wie schon im ersten Interview lassen sich die Schätzangaben aufgrund fehlender Standards nicht bewerten. Festzustellen ist, dass seine Schätzungen für die Mehl- und die Reispackung mit einem Kilogramm (Z. 1838, 1850) sowie der Zahnbürste (10g)

(Z. 1836) dem Echtgewicht entsprechen. Möglicherweise aktiviert er in den ersten beiden Fällen entweder Stützpunktwissen, oder es bestätigt sich eine im ersten Interview vermutete Stützpunktvorstellung für ein Kilogramm, mit der er einen erfolgreichen Vergleich vornimmt. Die Schätzung für den Sack Äpfel mit der Angabe, dass sie auf jeden Fall mehr als ein Kilogramm wiegen, entspricht nach RADATZ ET AL. (1999) (vgl. Kap. B 2, Abschnitt Schätzen) dem Einordnen in Größenbereiche.

Während Manuel im ersten Interview und auch an vielen Stellen im zweiten Interview (vgl. Konzept *Einheiten*, S. 213) Unsicherheiten in der Verwendung der Einheiten zeigt, wählt er in den Fällen, in denen er eine Einheit beim Schätzen angibt, die jeweils angemessene Einheit aus (Z. 1832, 1836, 1838, 1842, 1844, 1846, 1848, 1850). Warum er bei einigen Schätzungen auf die Angabe einer Einheit verzichtet, ist nicht offensichtlich.

Er nennt oft eine einzige Zahl als Schätzangabe, manchmal gibt er auch Bereiche an, die dann jedoch recht eng gefasst sind (20-30, Z. 1834; 5-10, Z. 1842). Außerdem überlegt er in einem Fall, 0g als mögliches(!) Gewicht anzugeben (Z. 1844); in diesem Moment schwankt er zwischen 0g und 1g, was deutlich macht, dass er die Schraube für sehr leicht hält.

Die folgenden Ausschnitte zeigen Manuels Vorgehen im **dritten** Interview:

(Ausschnitt aus Int. 3.2, 17:10-32:35)

[Die Schätzungen folgender Gegenstände werden zwischendurch durch eine Wägung mit der digitalen Küchenwaage ergänzt: Zahnbürste, Apfel, Toastbrot]

1855 **Birne:** I: Was schätzt du, wie schwer ist diese Birne?

1856 M: (7 Sek.) Ich tipp mal so (.) 100 Gramm.

1857 I: Wieso tippst du so 100 Gramm?

1858 M: Weil das [Birne] ist ja schwerer wie der Marsriegel. Das wiegt 55. Da hab ich noch mal 50 plus 50.

1859 I: Dann kannst du ja mal die 100 Gramm aufschreiben. (M. notiert 100g)

1860 I: Du hast die ja jetzt nicht in die Hand genommen. Wenn du die jetzt in die Hand nehmen würdest, würdest du dann was anderes schätzen?

1861 M: Kann ich nicht sagen.

1862 I: Probier doch mal aus.

1863 M: (nimmt die Birne in die Hand, wirft sie auch hoch) Ich bleib bei meinem Geschätzen.

1864 **Zahnbürste:** I: Was schätzt du denn, wie schwer diese Zahnbürste ist?

1865 M: (hebt die Zahnbürste hoch) (12 Sek.) Ich tipp mal so (.) 50 Gramm, nee (.) sagen wir 10 Gramm.

1866 I: Wieso doch nicht 50 Gramm?

1867 M: Weil ehm 50 Gramm. Das [der Marsriegel] wiegt ja schon 55. Und das ist ganz schön schwerer wie das. Deswegen bin ich auf 10 gegangen.

1868 [digitale Waage: 10g]

1869 **Tüte Weingummi:** I: Was schätzt du denn, wie schwer diese Weingummitüte ist?

1870 M: (4 Sek.) (prüft das Gewicht manuell) (4 Sek.) Ich tipp mal so (4 Sek.) genauso schwer wie das Mars. Ich tipp mal 55 Gramm.

1871 **Packung Nudeln:** I: Und was schätzt du, wie schwer diese Nudelpackung ist?

1872 M: (prüft das Gewicht manuell) (4 Sek.) Ich tipp mal so 250.

1873 I: Wieso 250?

## C Ergebnisse der Untersuchung

---

- 1874 M: (.) *Weil ehm, du hast ja. Dies [Nudelpackung] ist ja schwerer wie das und das und das* (zeigt dabei wild verteilt auf die verschiedenen Gegenstände). *250 würd ich sagen, weil meine Mama immer gesagt hat, Nudeln wiegen, eine ganze Packung 250.*
- 1875 **TT-Ball:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer dieser Tischtennisball ist?*
- 1876 M: (prüft das Gewicht manuell) (7 Sek.) *Ich würd mal sagen ein Gramm.*
- 1877 **Apfel:** I: *Was schätzt du, wie schwer ist dieser Apfel?*
- 1878 M: *100g, ich tipp mal genauso viel wie die Birne.*
- 1879 I: *Ohne ihn anzufassen?*
- 1880 M: *Ja.*
- 1881 I: *Und wenn du ihn anfasst?*
- 1882 M: (deutet eine Handwaage an) *Dann könnte ich die Birne in die andere Hand nehmen und dann könnte ich gucken, welcher schwerer ist* (vergleicht Birne und Apfel per Handwaage) (10 Sek.) *Birne ist schwerer. (.) Dann würd ich sagen, der Apfel wiegt 90 Gramm.*
- 1883 [digitale Waage: 184g]
- 1884 **Paket Zucker:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer ist dieses Paket Zucker?*
- 1885 M: (prüft das Gewicht manuell) (4 Sek.) *Ein Gramm, (.) nee ein Kilogramm.*
- 1886 I: *Ein Gramm oder ein Kilogramm?*
- 1887 M: *Ein Kilogramm.*
- 1888 I: *Wieso Kilogramm und nicht Gramm?*
- 1889 M: *Weil ich gestern auf Mamas, die hat ja den gleichen Zucker ???*
- 1890 I: *Und was steht da drauf?*
- 1891 M: *Ehm. Ein Kilogramm. (..) Das ist tausend Gramm.*
- 1892 I: *Was steht denn drauf ein Kilogramm oder tausend Gramm?*
- 1893 M: *Also tausend Gramm ist ja ein Kilogramm.*
- 1894 **Toastbrot:** I: *Was schätzt du denn, wie schwer ist dieser Toast?*
- 1895 M: (5 Sek.) (prüft das Gewicht manuell) (4 Sek.) *50 (.) Gramm.*
- 1896 I: *Glaubst du das der Toast leichter oder schwerer als die Nudeln sind?*
- 1897 M: *Leichter.*
- 1898 [digitale Waage: 510g]

In der ersten Schätzaufgabe nimmt Manuel den zu schätzenden Gegenstand zunächst nicht in die Hand. Nachdem er vom Interviewer zu einer manuellen Gewichtskontrolle aufgefordert wird, führt er diese durch, revidiert jedoch seine erste Schätzangabe explizit nicht (Z. 1860ff.). Im weiteren Interviewverlauf nimmt Manuel die Gegenstände in der Regel in die Hand. Dies ist wahrscheinlich auf den vorab erwähnten Interviewerhinweis zurückzuführen. Ob dies Auswirkungen auf Manuels Schätzangaben hat, lässt sich nicht sagen.

Während bei Manuels Schätzungen im **zweiten** Interview nicht deutlich wurde, ob Manuel – wie im ersten Interview auch – im Schätzprozess das Gewicht zweier Gegenstände miteinander vergleicht und auf Stützpunktvorstellungen zurückgreift, zeigt sich dies Vorgehen im **dritten** Interview mehrfach. Schon im ersten Beispiel bezieht er sich in seiner Begründung für seine Schätzangabe auf das ihm bekannte Gewicht des Marsriegels (55g) (Z. 1858). Diese Stützpunktvorstellung, bei der es sich wieder um eine im Rahmen des Interviews aufgebaute handelt, zieht er auch für die Schätzung der Zahnbürste (Z. 1867) und der Weingummitüte (Z. 1870) heran. Für die Schätzung des Apfelgewichts bezieht er sich auf seine Schätzangabe für das Gewicht der Birne (Z. 1878).



Diese Beispiele machen deutlich, dass in Manuels Schätzkonzept der Gewichtsvergleich ein fester Bestandteil ist.

Die Schätzangaben lassen sich aufgrund fehlender Standards nicht bewerten. Wie in den beiden anderen Interviews fallen einige der Schätzungen ins Auge, die dem Echtgewicht der jeweiligen Gegenstände entsprechen: Dies gilt (wie im zweiten Interview) für die Zahnbürste (Z. 1865) und das Paket Zucker (Z. 1885). Beim Zucker beruft er sich explizit auf sein Stützpunktwissen (Z. 1889). Bei der Gewichtsangabe für die Nudelpackung führt Manuel ebenfalls Stützpunktwissen an (Z. 1874). In diesem Fall hat er jedoch falsches Wissen aufgebaut: Die meisten Nudelpackungen enthalten 500g Nudeln und nicht 250g.

Während Manuel im ersten Interview aufgrund fehlender Vorstellungen nicht in der Lage war, die geforderten Sandmengen abzufüllen, bearbeitet er die Aufgabe in den beiden Folgeinterviews.

(Int. 2.1, 20:04-23:18)

- 1899 I: *Fülle in diese Tüte ein Gramm Sand.*  
 1900 M: *O.K. (löffelt Sand in die Tüte, kontrolliert die Menge zwischendurch visuell und füllt dann weiter Sand in die Tüte) So.*  
 1901 I: *Wie viel ist das jetzt?*  
 1902 M: *Ich glaub, dass das ein Gramm ist.*  
 1903 I: *Dann stell die Tüte mal dahin (M. stellt die Tüte auf den Tisch). Eine zweite Tüte (reicht M. eine zweite Tüte) Fülle in diese Tüte ein Kilogramm Sand.*  
 1904 M: *(löffelt Sand in die Tüte, begutachtet die Menge zwischendurch visuell und löffelt weiter, bis er anzeigt, dass er fertig ist.)*

(Int. 2.1, 24:56-25:39)

- 1905 I: *Kannst du in diese Tüte bitte 500 Gramm Sand füllen? (...) 500 Gramm.*  
 1906 M: *Ehm. (füllt Sand in die Tüte, begutachtet die Menge visuell) So.*

Im **zweiten** Interview kontrolliert Manuel die Sandmengen, indem er sie visuell begutachtet (Z. 1900, 1904, 1906). Dabei führt er keinen offensichtlichen visuellen Vergleich zwischen den Sandmengen durch, d.h. er stellt keine Beziehung zwischen den Sandmengen her. Auch manuelle Vergleiche oder Gewichtskontrollen führt er nicht durch. Obwohl Manuel im zweiten Interview weiß, dass ein Kilogramm schwerer ist als ein Gramm (vgl. Konzept *Einheiten*, S. 213), füllt er mehr Sand in die 1g-Tüte (648g) als in die 1kg-Tüte (562g). Das umgekehrte Verhältnis sowie die „große“ 1g-Menge bestätigen, dass Manuel insbesondere Vorstellungen über für 1g fehlen (vgl. ebd.). In die 500g-Tüte füllt er 220g Sand, diese Tüte ist also am leichtesten, was bestätigt, dass er die Gewichtsvorgaben nicht in Relation zueinander setzt.

Es folgt der entsprechende Ausschnitt aus dem **dritten** Interview:

(Int. 3.1, 21:33- 27:19)

- 1907 I: *Ich habe Sand und drei Tüten mitgebracht. Ich möchte, dass du in eine Tüte ungefähr ein Gramm Sand füllst, in die nächste Tüte ungefähr 500g Sand und in die dritte Tüte ungefähr ein Kilogramm Sand. (...) Womit fängst du an?*

**Aufgabe 2.1:** Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Löffel: *Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand und in eine weitere Tüte 1g Sand.* Zusätzlich wird das Kind gefragt: **Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt?** und **Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?**

- 1908 M: *Mit ein Gramm (füllt zehn Esslöffel Sand in die Tüte). Das ist ein Gramm.*  
1909 I: *Woher weißt du, dass das ein Gramm ist?*  
1910 M: *Also genau wissen kann ich's ja nicht, aber mit 'ner Waage kann ich's ja auswiegen. Ehm*  
1911 I: *Aber, wieso vermutest du oder schätzt du, dass das ein Gramm ist?*  
1912 M: *Weil ich zehn Löffel genommen hab. Und auch zehn (.) kann ja jeweils ehm (25 Sek.) also von außen sagen kann ich's ja nicht, aber ich hab jetzt mal zehn Löffel genommen und die können ja so schwer sein wie ein Gramm.*  
1913 I: *Mhm.*  
1914 M: *Also zehn ein Gramm.*  
1915 I: *O.K. (...) Dann leg die Tüte nach da vorn. Wie viel füllst du in die zweite Tüte?*  
1916 M: *500 (füllt 26 Löffel Sand in die Tüte). Das glaub ich, ist so schwer wie 500 Gramm.*  
1917 I: *Und wieso vermutest du, dass das so schwer ist wie 500 Gramm?*  
1918 M: *Weil ich da (zeigt auf die 500g-Tüte) ja mehr reingetan hab als da (zeigt auf die 1g-Sandtüte). (.) Und deshalb vermute ich das.*  
1919 I: *Und wie viel mehr musstest du da rein tun?*  
1920 M: *(..) Ich hab jetzt auch nicht richtig gezählt. Ich mein, ich hab 20 Stück rein gemacht.*  
1921 I: *Mhm. (..) O.K.*  
1922 M: *(legt die 500g-Tüte neben die 1g-Tüte und nimmt die dritte Tüte) Und in der sollte ich ein Kilogramm machen.*  
1923 I: *Genau.*  
1924 M: *(füllt 36 Löffel Sand in die Tüte) Das glaub ich, dass das jetzt ein Kilogramm war.*  
1925 I: *Wieso glaubst du, dass das ein Kilogramm ist?*  
1926 M: *Genau nachgezählt hab ich nicht, wie viele ich da rein gemacht habe, aber.*

Manuel bezieht im **dritten** Interview beim Abfüllen der Sandmengen die Löffelanzahl in den Schätzprozess mit ein. Dabei orientiert er sich nicht an den realen Verhältnissen (1:500:1000), es gelingt ihm aber, in die 1g-Tüte am wenigsten Sand zu füllen (318g), gefolgt von der 500g-Tüte (860g). In der 1kg-Tüte befindet sich am meisten Sand (1065g). Mit dieser Menge hat er auch fast das Zielgewicht erreicht. Interessanterweise zählt er beim Abfüllen der 1g-Sandmenge die Löffelanzahl mit (Z. 1912), nutzt diese Anzahl aber nicht weiter, um das ihm bekannte Verhältnis von einem Gramm zu einem Kilogramm zu erreichen (vgl. Konzept: *Einheiten*, S. 213). Er verfügt demnach zwar über das Wissen über das Verhältnis, verbindet aber keine Vorstellung damit.

Im zweiten und dritten Interview bestätigt sich, dass er nicht genügend Vorstellungen über die Verhältnisse hat.

Er führt – genau wie im zweiten Interview – keine manuellen Kontrollen durch. Hier ist nicht klar, ob dies damit zusammenhängt, dass ihm das manuelle Auswiegen nicht weiterhelfen würde; stattdessen konzentriert er sich auf das Auszählen der abgefüllten Löffel.

### Zusammenfassung

Im Gegensatz zum ersten Interview führt Manuel im **zweiten** Interview weder manuelle Gewichtskontrollen im Rahmen des Schätzprozesses durch, noch wird offensichtlich, dass er Stützpunktvorstellungen nutzt, um zu einer Schätzangabe zu gelangen.

Anders im **dritten** Interview beim Schätzen der Gegenstände: Zum einen kontrolliert er ihr Gewicht manuell. Zum anderen führt er im Rahmen des Schätzvorgangs interne Vergleiche mit einer vorab im Interview aufgebauten Stützpunktvorstellung durch und ver-

balisiert dies auch. Das zeigt, dass in seinem Schätzkonzept der Vergleichsvorgang mit Stützpunktvorstellungen integriert ist. Während im ersten Interview außerdem der Eindruck entstand, dass Manuel das Gewicht der Gegenstände mit einem Kilogramm verglichen hat, was auf eine Stützpunktvorstellung hingedeutet hat, bestätigt sich dies weder im zweiten noch im dritten Interview.

Außerdem ist er in der Lage, im Rahmen der Schätzaufgaben Stützpunktwissen anzuwenden. Im zweiten Interview ist dies nicht offensichtlich, im dritten Interview beruft er sich aber explizit auf dieses Stützpunktwissen.

Beim Abfüllen der Sandmengen bestätigen sich – sowohl im zweiten als auch im dritten Interview – Manuels fehlenden Vorstellungen zum Verhältnis der Einheiten. Dies zeigt, dass sein Einheitenkonzept noch nicht ausgebaut ist (vgl. Konzept: *Einheiten*, S. 213).

### **Konzept: Stützpunktvorstellungen**

Während im ersten Interview der Eindruck entstand, dass Manuel über eine Stützpunktvorstellung für ein Kilogramm verfügte, da er für das Gewicht der zu schätzenden Gegenstände im ersten Anlauf immer angab, ob es leichter als oder gleich schwer wie ein Kilogramm war, bestätigt sich dies weder im zweiten noch im dritten Interview eindeutig (S. 196).

Im zweiten Interview lassen sich keine Stützpunktvorstellungen identifizieren; im dritten Interview dagegen schon. Hier hat Manuel – genau wie im ersten Interview – eine Stützpunktvorstellung während des Interviews aufgebaut, auf die er im Rahmen der Schätzaufgaben zurückgreift: Er vergleicht das Gewicht der zu schätzenden Gegenstände mit dem ihm bekannten Gewicht des Marsriegels (55g) intern und orientiert seine Schätzung entsprechend am Ergebnis des Vergleichs (vgl. Konzept *Schätzen*, s.o.)

## **3.3 Zusammenfassende Konzeptbeschreibung**

Manuel Konzepte sind zum Zeitpunkt des ersten Interviews noch nicht weit ausgebaut und teilweise instabil. Eine Entwicklung ist insbesondere bei den wissensbasierten Teilkonzepten feststellbar.

### **3.3.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“**

#### **Konzept: Gewichtsvergleich**

Manuel greift situationsabhängig auf drei verschiedene Konzepte beim Gewichtsvergleich zurück:

1. Er führt bei verpackten Gegenständen einen **visuellen Vergleich** durch und reduziert dadurch den Gewichtsvergleich auf einen Volumenvergleich.

Entgegen der Erwartung entscheidet er sich jedoch in allen drei Interviews grundsätzlich für den kleineren Gegenstand als den schwereren, was darauf zurückzuführen ist, dass dies der richtigen Lösung im ersten Interview in der ersten Aufgabe entspricht und er bezüglich dieser Aufgabe von einem vorab interviewten Kind informiert war. Dieses Vorwissen hat offensichtlich dazu geführt, dass er ein Konzept aufgebaut hat, in dem er den kleineren Gegenstand als den schwereren erachtet. Er löst sich auch in den Folgeinterviews nicht von diesem Konzept. Offen bleibt, wie er unbefangen reagiert hätte und ob er dieses Konzept nur im Rahmen der Interviewsituation aktiviert. In diesem Fall würde es sich um einen SEB handeln, der den Kontext „Interview“ benötigt, um aktiviert zu werden.

2. Bei nicht verpackten Gegenständen führt er einen **mentalen Vergleich** gespeicherter Vorstellungen durch.

Sein Entscheidungsprozess basiert also auf internen Gewichtsvorstellungen. Hierbei kommt er jedoch oft zu anderen Ergebnissen als beim anschließenden (vom Interviewer initiierten) manuellen Vergleich. Dies zeigt, dass seine Gewichtsvorstellungen nicht genau genug sind, um sie im Rahmen interner Gewichtsvergleiche erfolgreich einsetzen zu können. Manuel aktiviert demnach Gewichtsvorstellungen, die jedoch nicht genügend tragfähig sind, was auch damit zusammenhängen kann, dass ihm die vorliegenden Gegenstände nicht in jedem Fall vertraut genug sind.

3. Im ersten Interview hat er im Rahmen eines Abfüllprozesses einen **manuellen Vergleich** durchgeführt.

Im Rahmen eines Abfüllprozesses im ersten Interview berücksichtigt Manuel die unterschiedlichen Dichten der vorliegenden Materialien und führt eigeninitiativ einen manuellen Vergleich durch. In den Folgeinterviews ignoriert er in diesen Fällen die unterschiedliche Dichte (oder sie ist ihm nicht bewusst) und führt keinen manuellen Vergleich durch. In beiden Interviews entsprechen sich die Füllvolumina. Er hat vermutlich durch visuelle Abschätzung einen Volumenvergleich durchgeführt. Dies deutet auf eine Rückentwicklung hin: Obwohl er im ersten Interview gezeigt hat, dass er die unterschiedliche Dichte berücksichtigen kann, ignoriert er dies in den Folgeinterviews. Offen bleibt, womit dies zusammenhängt, da man davon ausgehen kann, dass ihm der Dichteunterschied der eingesetzten Materialien bewusst sein müsste. U.U. weist dies darauf hin, dass sein Dichtekonzept noch nicht fest etabliert ist und deswegen nicht immer aktiviert wird.

Abgesehen von der Situation des Abfüllprozesses im ersten Interview führt er über den gesamten Interviewzeitraum fast nie manuelle Vergleiche durch. In der Regel bezeichnet er seine Entscheidung (ohne manuellen Vergleich) als „Tipp“, womit er deutlich

macht, dass es sich nicht um Wissen, sondern um eine Vermutung oder Raten handelt. Seine Wortwahl lässt sich so deuten, dass ihm bewusst ist, dass er ohne manuelles Vergleichen keine sichere Aussage machen kann. Warum er die manuellen Vergleiche nicht einsetzt, lässt sich jedoch nicht abschließend beurteilen: möglicherweise traut er sich nicht, oder er deutet die Aufgabenstellung „Was ist schwerer?“ um in „Gib einen Tipp/ Rate, welchen der Gegenstände du für schwerer hältst!“

Im Verlauf der Interviews wird keine Veränderung in Manuels Sicht auf die Notwendigkeit von manuellen Vergleichen sichtbar.

### ***Konzept: Invarianz***

Im ersten Interview zeigt sich, dass Manuels Invarianzkonzept noch instabil ist. Er befindet sich nach PIAGET in einem Übergangsstadium: neben dem Erkennen der Identität aktiviert er noch andere, mit dem Invarianzkonzept konkurrierende Konzepte: Er erkennt die Kompensation nicht und verneint deswegen die Invarianz des Gewichts (das „Plattmachen“ der Knetkugel erhöht bzw. verringert das Gewicht). In den beiden Folgeinterviews erkennt Manuel die Invarianz und begründet sie jeweils über die Identität. Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview finden sich keine Hinweise für das Erkennen oder Nichterkennen der Kompensation; er begründet alle Fälle über die Identität.

Beim Invarianzkonzept lässt sich deswegen eine deutliche Entwicklung verzeichnen. Während er im ersten Interview die Invarianz teilweise aufgrund der Identität erkennt, oftmals aber wegen nicht erkannter Kompensation verneint, kann er im zweiten und dritten Interview die Invarianz stets anerkennen. Ob ihm die Kompensation bewusst ist, bleibt unbeantwortet; jedenfalls überlagert das Erkennen der Identität mögliche der Invarianz widersprechende Konzepte.

### ***Konzept: Transitivität***

Während Manuel in den ersten beiden Interviews drei Gegenstände mit Hilfe der Transitivität sortieren kann, die Transitivitätsregel aber noch nicht verbalisieren kann, gelingt ihm dies im dritten Interview: zu diesem Zeitpunkt ist er in der Lage, die Transitivität zu erkennen, anzuwenden und zu verbalisieren.

Eine Entwicklung ist in der Hinsicht zu verzeichnen, dass er im dritten Interview die Transitivität auch verbalisieren kann.

### 3.3.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“

#### **Konzept: Einheiten**

##### **Wissen, welche Einheit größer ist**

Zum Zeitpunkt des ersten Interviews zeigt sich, dass Manuel die Begriffe *Gramm* und *Kilogramm* kennt. Er vertritt dabei die Ansicht, dass ein Gramm mehr ist als ein Kilogramm, letztlich entsteht jedoch der Eindruck, dass er mit diesen Begriffen noch keine Bedeutung verknüpft hat und sich beliebig für eine der beiden Einheiten entscheidet. Unmittelbar nach der Unterrichtseinheit (zweites Interview) weiß Manuel sicher, dass ein Kilogramm mehr ist als ein Gramm. Im dritten Interview hält Manuel Kilogramm für die größere Einheit; es zeigt sich aber, dass die im ersten Interview verbalisierte Vorstellung, dass ein Gramm mehr ist als ein Kilogramm, konzeptuell weiterhin besteht, auch wenn er zumeist das richtige Konzept aktiviert. Weil beide Ansichten entgegengesetzt sind, lässt sich nicht von einer weichen Umstrukturierung sprechen (vgl. A.1.2). Stattdessen konkurrieren zwei Konzepte; es ist davon auszugehen, dass das „falsche“ Konzept zunehmend verblasst.

##### **Wissen: Umrechnungsverhältnis**

Im ersten Interview hat Manuel keine Vorstellung vom Umrechnungsverhältnis von einem Gramm zu einem Kilogramm. Hier zeigt sich in den Folgeinterviews eine kontinuierliche Entwicklung in Richtung des wissenschaftlichen Konzepts: Im zweiten Interview weiß er, dass die Zahl 1000 in Verbindung mit den Einheiten Gramm und Kilogramm steht, kann aber das Verhältnis noch nicht explizit verbalisieren. Im dritten Interview kann er das Verhältnis angeben; er weiß, dass ein Kilogramm 1000 Gramm entspricht.

##### **Anwendung: Angabe und Wahl einer Einheit**

Während Manuel im ersten Interview bei Gewichtsangaben fast nie eine Einheit verwendet, nimmt dies in den Folgeinterviews zu.

Entsprechend zeigt sich, dass er im ersten Interview nicht weiß, welche Einheit in Verbindung mit dem Körpergewicht genutzt wird. Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview weiß er in der konkreten Wägesituation, dass das Körpergewicht in Kilogramm angegeben wird. Losgelöst von dieser Situation kann er dieses Wissen nicht abrufen. Er hat gelernt, dass man für das Körpergewicht die Einheit Kilogramm verwendet. Hier findet sich ein SEB nach BAUERSFELD (vgl. Kap. A 1.3) identifizieren: Die Kenntnis der richtigen Einheit kann er nur im Kontext „Körpergewicht bestimmen“ aktivieren.

Auch hinsichtlich der Frage der Wahl der *richtigen* Einheit bestätigt sich im ersten Interview der Eindruck, dass Manuel mit den Begriffen keine Bedeutung vernetzt hat: Er verwendet die Einheiten willkürlich und ignoriert dadurch ihre bedeutungstragende Komponente. Auch im zweiten Interview vertauscht er die Einheiten Gramm und Kilogramm weiterhin ohne erkennbare Systematik. Im dritten Interview ist eine Entwicklung erkennbar: Er vertauscht die Einheiten Gramm und Kilogramm zwar weiterhin, korrigiert den Fehler i.d.R. aber selbständig.

### ***Konzept: Umgang mit Maßangaben***

Im ersten Interview führen Manuels Schwierigkeiten beim Rechnen dazu, dass es ihm schwer fällt, Aufgaben im Maßzahlkontext zu lösen. Zum Teil weiß er nicht, mit welcher Rechenoperation er zum Ziel kommt (z.B. dass man mit der Subtraktion die Differenz zwischen zwei Gewichtsangaben erhält). Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview zeigt sich, dass sein Umgang mit Maßangaben sicherer geworden ist. Hier zeigen sich nur noch Rechenfehler, die er im dritten Interview sogar selbst korrigiert.

Manuel ist im Laufe der Interviews sicherer beim Umgang mit Maßangaben geworden. Seine Schwierigkeiten, die über den Interviewzeitraum abnehmen, sind auf seinen generell unsicheren Umgang mit Zahlen im Zahlraum bis tausend zurückzuführen. Die aufgezeigte Entwicklung kann darauf zurückgeführt werden, dass er zum Zeitpunkt des letzten Interviews aufgrund der kontinuierlichen Thematisierung im Mathematikunterricht mehr Erfahrung beim Rechnen im Zahlraum bis tausend hat.

### **3.3.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“**

#### ***Konzept: Wiegen als Vergleichsvorgang***

In ersten Interview entsteht der Eindruck, dass Manuel Auswiegen nicht als Vergleichsvorgang versteht. Dies wird u.a. daran deutlich, dass er die Tafelwaage zwar zum Gewichtsvergleich einzusetzen kann, aber nicht weiß, dass man mit ihr auch das Gewicht bestimmen kann. Dies ändert sich im zweiten Interview: Hier weiß er, dass es sich beim Auswiegen mit der Tafelwaage um einen Vergleichsvorgang mit Gleichgewicht handelt; Wägeergebnisse verschiedener Waagen stehen aber weiterhin isoliert nebeneinander. Im dritten Interview ist Manuel in der Lage, zu verbalisieren, dass Waagschalengleichstand bei der Tafelwaage Gewichtsgleichheit bedeutet. Außerdem werden Wägeergebnisse in Beziehung zueinander gesetzt.

Dies zeigt, dass eine deutliche Entwicklung stattgefunden hat. Während Manuel im ersten Interview kein Konzept für den Vergleichsvorgang hatte, hat er zum Zeitpunkt des dritten Interviews eines aufgebaut, das auch beinhaltet, Gewichtsangaben verschiedener Waagen miteinander zu vergleichen.

### **Konzept: Waagen**

Im ersten Interview kennt Manuel nur die analoge Küchenwaage und die analoge Personenwaage. Die Tafelwaage kennt er nicht als Waage, sondern nur zum Gewichtsvergleich zweier Gegenstände. In den Folgeinterviews kennt er alle vorliegenden Waagen und kann ihren jeweiligen Einsatzzweck benennen. Sein Konzept *Waagen* ist also erweitert. Unsicherheiten zeigen sich in allen drei Interviews bezüglich der Einschätzung, für welche Gewichte und Gegenstände die jeweilige Waage geeignet ist.

### **Konzept: Wiegen**

Im ersten Interview kann Manuel Wägungen mit der Personenwaage und der analogen sowie der digitalen Küchenwaage durchführen, er scheitert aber am richtigen Ablesen der Gewichtsangaben. Außerdem zeigt sich, dass Wägeergebnisse für ihn isoliert nebeneinander stehen, da er (differierende) Gewichtsangaben verschiedener Waagen für ein- und denselben Gegenstand nicht aufeinander bezieht. Mit der Tafelwaage kann er einen Gewichtsvergleich, nicht aber eine Gewichtsbestimmung durchführen. Während ihm im ersten Interview die Tara-Funktion unbekannt ist, kann er sie im zweiten Interview bei der analogen Küchenwaage, im dritten Interview auch bei der digitalen Küchenwaage anwenden.

Manuel ist in allen drei Interviews nicht in der Lage, die Waagenskala bei der analogen Küchenwaage richtig zu interpretieren, was folglich zu falschen Gewichtsangaben führt. Im ersten und zweiten Interview interpretiert er die Waagenskala nur lokal um den Waagenzeiger herum und prüft nicht, ob seine Interpretation der Skalaschritte kompatibel ist mit der gesamten Skala. Im dritten Interview versucht er dies und stößt auf einen Konflikt mit seiner ursprünglichen Interpretation, den er aber nicht beheben kann.

Manuels Konzept zum Auswiegen hat sich über den Interviewzeitraum weiter entwickelt: Er kann im dritten Interview mit mehr Waagen und besser mit Waagen umgehen als noch im ersten Interview. Außerdem bezieht er die Wägeergebnisse verschiedener Waagen für den gleichen Gegenstand zunehmend aufeinander. Sein Konzept hat sich um die Tara-Funktion erweitert. Er hat jedoch weiterhin Probleme, bei analogen Waagen die Skala richtig zu interpretieren.

## **3.3.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“**

### **Konzept: Stützpunktwissen**

Zum Zeitpunkt des ersten Interviews kann Manuel kein Stützpunktwissen aktivieren. Dies ändert sich in den Folgeinterviews: Im zweiten Interview nennt er als Stützpunktbeispiele für ein Kilogramm „meinen Teddy“ und „Papas Colaflasche“, im dritten Interview „Mamas Putenschnitzel“ sowie „Mamas Zucker“. Hier ist folglich eine Entwicklung erkennbar. Seine Beispiele im zweiten Interview sind eher ungewöhnlich, im drit-



ten nennt er mit einem Paket Zucker ein übliches Beispiel, das wohl auf den unterrichtlichen Einfluss zurückzuführen ist.

Es fällt auf, dass seine Beispiele in allen Fällen immer konkret (bestimmt), nicht allgemein (unbestimmt) sind: „mein Teddy“ – nicht „ein Teddy“, „Papas Colaflasche“ – nicht „eine Colaflasche“, „Mamas Putenschnitzel“ – nicht „eine Packung Putenschnitzel“. Auch beim Zucker spricht er von „Mamas Zucker“, hier ist jedoch eine Verallgemeinerung sichtbar, da er aus dem Gewicht von „Mamas“ Zuckerpackung auf das im Interview eingesetzte Zuckerpaket schließt. Bei einem weit ausgebauten Konzept von Stützpunktwissen ist dieses i.d.R. generisch; Manuels konkreten Beispiele deuten auf stark situativ verankertes Stützpunktwissen hin – jeder Gegenstand ist mit einer konkreten Situation verknüpft.

Innerhalb dieses Konzepts hat demnach eine Entwicklung stattgefunden, da Manuel in den beiden Folgeinterviews Beispiele für Stützpunktwissen benennen kann. Hierbei handelt es sich zum Teil aber nicht um langfristig gespeichertes Wissen und ist damit auch für den Aufbau von Stützpunktvorstellungen nicht nutzbar.

### **Konzept: Stützpunktvorstellungen**

Bei den Schätzaufgaben im ersten Interview gibt Manuel für jeden Gegenstand als erste Schätzung an, ob dieser leichter oder genauso schwer wie ein Kilogramm ist. Während im ersten Interview dadurch der Eindruck entsteht, dass Manuel über eine Stützpunktvorstellung für ein Kilogramm verfügt, bestätigt sich diese Stützpunktvorstellung in den Folgeinterviews nicht.

Außerdem baut er während des ersten Interviews ad hoc eine Stützpunktvorstellung für das Gewicht einer Klebstoff-Flasche auf. Inwieweit es sich hierbei um eine dauerhafte Stützpunktvorstellung handelt, ist fraglich. Weitere Stützpunktvorstellungen lassen sich nicht identifizieren. Während sich im zweiten Interview keine Stützpunktvorstellungen identifizieren lassen, baut er im dritten Interview wieder ad hoc eine Stützpunktvorstellung für den mehrfach ausgewogenen Marsriegel auf und orientiert Schätzungen anderer Gegenstände an dieser Vorstellung.

Innerhalb dieses Konzepts ist über den Interviewzeitraum keine Entwicklung erkennbar. Er verfügt zu keinem Zeitpunkt über eine dauerhafte Stützpunktvorstellung, auf die er im Rahmen von Schätzungen zurückgreifen könnte.

### **Konzept: Schätzen**

Im ersten Interview und im dritten Interview führt Manuel manuelle Gewichtsprüfungen der zu schätzenden Gegenstände durch und vergleicht das gefühlte Gewicht mit einer vorab ad hoc aufgebauten Stützpunktvorstellung (s.o.). Dieses Vorgehen ist im zweiten Interview nicht erkennbar. Hier prüft er weder das Gewicht manuell, noch stellt er Verbindungen zwischen dem Gewicht einzelner Gegenstände her.

Sein Vorgehen im ersten und dritten Interview zeigt, dass sein Schätzkonzept sowohl aus einer manuellen Gewichtsprüfung als auch aus einem Vergleich mit vorhandenen Stützpunktvorstellungen besteht. Das macht deutlich, dass er Schätzen von Raten unterscheiden kann. Warum dieses Konzept im zweiten Interview nicht aktiviert wird, bleibt offen. Es ist möglich, dass Manuel in diesem Interview keine Ad-hoc-Vorstellung aufbaut und ihm deswegen eine Orientierung fehlt.

## 4 Konzepte anderer Kinder

In den beiden vorangegangenen Kapiteln wurden die Gewichtskonzepte zweier Kinder ausführlich dargestellt. In den Interviews der anderen Kinder zeigen sich viele Konzepte, die sich mit den vorgestellten decken, aber auch einige Konzepte, die sich in dieser Form nicht fanden. Das folgende Kapitel will die Bandbreite ausgewählter Teilkonzepte aufzeigen und bildet die Grundlage für zwei Fragen, die am Schluss dieser Arbeit behandelt werden sollen:

1. Gibt es Konzepte, bei denen eine allgemeine Entwicklung erkennbar ist, so dass es möglich ist, die Entwicklung dieser Konzepte bei Kindern zu modellieren? (s. Kap. D 4)
2. Bei welchen Konzepten zeigen sich über den Untersuchungszeitraum individuell verschiedene Entwicklungen, mit der auch individuell verschiedene „Fehl“vorstellungen verbunden sind? Welche Konsequenzen für die unterrichtliche Behandlung der Größe Gewicht ergeben sich daraus? (s. Kap. D 7)

Zum ersten Punkt werden die Konzepte *Gewichtvergleich* und *Invarianz* verschiedener Kinder vorgestellt. Zum zweiten Punkt sind es die Konzepte *Einheiten*, *Waagen* und *Wiegen*.

### 4.1 Konzept: Gewichtvergleich

Vergleicht man das Vorgehen der 15 Interviewkinder bei Aufgabe 1.1a miteinander, so fällt auf, dass ein großer Anteil der Kinder (12 Kinder) im **ersten** Interview die Entscheidung ohne einen manuellen Vergleich tätigt.

**Aufgabe 1.1a:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich große Gegenstände: Welche(s/r) Paket/Dose/Umzugskarton ist schwerer?

- Sieben dieser zwölf Kinder aktivieren dabei ein Konzept, in dem die Vorstellung verankert ist, dass der größere Gegenstand stets auch der schwerere ist.
- Fünf weitere Kinder verfügen über Vorinformationen zu Paketgewicht und (teilweise) -inhalt und entscheiden sich auf dieser Basis für das kleinere Paket.
- Drei Kinder führen einen manuellen Vergleich durch und treffen ihre Entscheidung auf dieser Grundlage.

Beispiele für die drei verschiedenen aktivierten Konzepte bieten die folgenden Interviewausschnitte:

Johanna (Int 1.1, 00:03-00:11)  
 1927 I: Welches Paket ist schwerer?  
 1928 J: Eh, das große.  
 1929 I: Warum glaubst du, dass das große schwerer ist?  
 1930 J: Weil das größer ist.

Lisa (Int. 1.1, 00:05-00:18)

- 1931 I: *Welches von den beiden Paketen ist schwerer und welches ist leichter?*  
1932 L: (...) (zeigt auf das größere Paket) *Das ist schwerer.*  
1933 I: *Warum glaubst du, dass das schwerer ist?*  
1934 L: (...) *Weil das größer ist.*

In beiden Ausschnitten entscheiden sich die Mädchen ohne manuelle Kontrolle für das größere Paket (Z. 1928, 1932) und begründen ihre Entscheidung für das größere Paket mit der visuell wahrnehmbaren Eigenschaft, dass es sich um das größere Paket handelt (Z. 1930, 1934).

Bei den fünf Kindern, die ohne manuellen Vergleich das kleinere Paket für schwerer erachten, zeigt sich, dass sie über entsprechende Informationen über die Testaufgaben verfügen, wie der folgenden Interviewausschnitt beispielhaft belegt<sup>76</sup>:

Marlene (Int. 1.1, 01:06-01:16)

- 1935 I: *Warum könnte z.B. das kleinere schwerer sein?*  
1936 M: *Wenn da Sachen drin sind.*  
1937 I: *Und in dem größeren?*  
1938 M: *Wenn da nur irgendwie Taschentücher drin sind.*

Marlene gibt als möglichen Inhalt Taschentücher (Z. 1938) an, was auch der tatsächliche Inhalt des größeren Pakets ist, den sie aber zu diesem Interviewzeitpunkt noch nicht gesehen hat. Dies zeigt, dass sie über Vorinformationen zu dieser Aufgabe verfügt, auf die sie bei ihrer Entscheidung zurückgreift. Wie sie „unbefangen“ entschieden hätte, lässt sich im Nachhinein nicht feststellen. Festzuhalten ist: Sie vertraut ihren Informanten und zieht nicht in Betracht, dass der Inhalt verändert worden sein könnte.

Drei der Kinder setzen spontan den manuellen Vergleich ein, um eine Entscheidung zu treffen:

Veronika (Int. 1.1, 00:02-00:39)

- 1939 I: *Welches Paket ist schwerer?*  
1940 V: *Darf ich das anfassen?* (I. nickt. V. hebt die beiden Pakete nacheinander hoch, zeigt auf das kleinere) *Das.*  
1941 I: *Du hast gefragt, ob du es anfassen darfst. Warum?*  
1942 V: (...) *Weil ich das dann fühlen kann, wie schwer das ist.*  
1943 I: *Hättest du das auch sehen können?*  
1944 V: (4 Sek.) *Nein.*  
1945 I: *Warum nicht?*  
1946 V: *Weil das ja in einer Verpackung ist.*

Veronika begründet ihr Vorgehen damit, dass sie ohne einen manuellen Vergleich keine Aussage treffen könne, weil es sich um eine Verpackung handele (Z. 1946), was impliziert, dass sie nicht weiß, wie schwer der Inhalt ist. Sie hat offenbar keine Vorinformationen zum Inhalt. Veronika verfügt demnach über ein Konzept, in dem verankert ist, dass bei verpackten Gegenständen die visuelle Erscheinung kein ausreichendes Entscheidungskriterium darstellt.

---

<sup>76</sup> Die Kinder waren gebeten worden, keine Informationen weiterzugeben. Leider haben sich nicht alle Kinder hieran gehalten.

Martin setzt zwar spontan den manuellen Vergleich ein, ist vom Ergebnis jedoch überrascht (Z. 1948):

- Martin (Int. 1.1, 00:05-00:49)
- 1947 I: *Welches Paket ist schwerer?*
- 1948 M: (hebt beide Pakete zweimal hintereinander hoch und deutet auf das kleinere) *Das ist schwerer* (dabei guckt er irritiert).
- 1949 I: *Du guckst so irritiert, warum?*
- 1950 M: (..) (hebt die beiden Pakete noch einmal nacheinander hoch, zuckt mit den Schultern) *Weil das größer ist und das kleiner. Aber das ist trotzdem schwerer. (..) Oder?* (hebt die beiden Pakete noch einmal nacheinander hoch) *Doch. Das ist schwerer.*
- 1951 I: *Wundert dich das?*
- 1952 M: *Ja.*
- 1953 I: *Warum?*
- 1954 M: *Weil das kleiner ist als das. Und kleinere sind ja schwerer. Eeh, leichter. (...) Ich glaub, kleinere sind leichter.*

Martins Irritation zeigt, dass Teil seines Konzeptes zum einen die Erwartung ist, dass das größere Paket auch das schwerere ist (Z. 1950, 1954), zum anderen gleichzeitig das Wissen, dass dies kein sicheres Entscheidungskriterium ist – das liefert nur ein Vergleich der Gewichte. Deswegen vergewissert er sich mehrfach (Z. 1948, 1950), dass er sich richtig entschieden hat, indem er den manuellen Vergleich insgesamt viermal durchführt. Im Gegensatz zu anderen Interviewkindern wird bei ihm zusätzlich zum visuellen Vergleich ein manueller Vergleich aktiviert.

Im **zweiten** Interview entscheiden sich zehn der 15 Kinder ohne manuellen Vergleich; die anderen fünf setzen eigeninitiativ einen manuellen Vergleich ein. Diesmal entscheiden sich sechs der zehn Kinder auf visueller Grundlage für den größeren Gegenstand, wobei die Begründungsmuster denen des ersten Interviews entsprechen.

Die vier anderen Kinder entscheiden sich für den kleineren Gegenstand. Ob dies damit zusammenhängt, dass sie im ersten Interview erfahren haben, dass dort der kleinere Gegenstand schwerer war, ist unklar. Bei den Gegenständen im zweiten Interview handelt es sich um Kunststoffdosen. Die kleinere Dose ist etwas transparent, so dass man sehen konnte, dass sie gefüllt ist. Die größere Dose ist intransparent. Dass dies bei einigen Kindern eine Rolle bei der Entscheidung spielt, zeigt folgender Ausschnitt:

- Fine (Int. 2.1, 00:01-00:24)
- 1955 I: *Welche Dose ist schwerer?*
- 1956 F: (zeigt auf die kleine Dose) *Die kleine.*
- 1957 I: *Wieso denkst du, die kleine?*
- 1958 F: *Mm, ja, weil da. Weil das so aussieht, als ob da ehm, was ganz schweres drin wär.*
- 1959 I: *Mhm. (..) Kannst du es bei der großen überhaupt sagen?*
- 1960 F: *Nein, weil man da ja nicht so gut durchgucken kann.*

Im **dritten** Interview treffen elf der 15 Kinder ihre Entscheidung ohne manuellen Vergleich, die anderen vier setzen den manuellen Vergleich eigeninitiativ ein. Von den elf Kindern entscheiden sich sechs für den größeren Gegenstand, die übrigen fünf wählen den kleineren.

Zwei Kinder setzen in allen drei Interviews den manuellen Vergleich ein, um eine Entscheidung treffen zu können. Bei diesen beiden ist das Konzept, dass die Größe nicht allein ausschlaggebend für das Gewicht ist, sicher verankert und wird – wie sich auch in anderen Situationen innerhalb der Interviews zeigt – zuverlässig aktiviert. Gut zwei Drittel der Kinder verzichten in allen drei Interviews auf einen manuellen Vergleich. Viele Kinder aktivieren das Konzept „größer ist schwerer“. Diesem Konzept fehlt, dass die Dichte der Materialien relevant ist und zudem nicht immer alle beteiligten Materialien sichtbar sind.

In Aufgabe 1.2 im **ersten** Interview fallen die Begründungen von zwei Mädchen auf: Sie halten die Taschentuchpackung für schwerer als die Kassette und berufen sich darauf, dass in der Taschentuchpackung mehrere Taschentücher enthalten sind:

**Aufgabe 1.2:** Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Gegenstände, der Gewichtsunterschied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehmbar: Was ist schwerer?

- Annegret (Int. 1.1, 01:08-01:26)
- 1961 I: *Was ist schwerer?*
- 1962 A: (vergleicht die beiden Gegenstände manuell miteinander) *Die* [Taschentuchpackung].
- 1963 I: *Ganz sicher?*
- 1964 A: *Mhm* (verneinend). (..) *Wegen das ist eigentlich beides gleich. Aber da* [Taschentuchpackung] *ist mehr drin.*

- Johanna (Int. 1.1, 01:34-01:43)
- 1965 (Vor Johanna liegen eine Packung Taschentücher sowie eine Kassette.)
- 1966 I: *Welche von diesen beiden Sachen ist schwerer?*
- 1967 J: (vergleicht die Taschentuchpackung mit der Kassette manuell miteinander, hält die Taschentücher hoch): *Das hier.*
- 1968 I: *Warum entscheidest du, dass die Taschentücher schwerer sind?*
- 1969 J: *Weil da mehr drin sind.*

Beide Mädchen führen einen manuellen Vergleich durch und beide entscheiden, dass die Taschentuchpackung schwerer ist als die Kassette. In Annegrets Begründung (Z. 1964) ist erkennbar, dass sie beim manuellen Vergleich den Eindruck hatte, dass beide Gegenstände gleich schwer sind, sie sich aufgrund der Tatsache, dass es sich bei der Taschentuchpackung um mehrere Taschentücher handelt, jedoch für die Taschentuchpackung entschieden hat. Auch Johanna argumentiert über die Anzahl (Z. 1969). Dieser Argumentation liegt ein Konzept zugrunde, das einen Anzahlvergleich beinhaltet mit der Überzeugung, dass eine größere Anzahl von Objekten auch schwerer sein muss als eine kleinere Anzahl. Dieses Konzept macht nur Sinn bei gleichen (oder vergleichbaren) Gegenständen und wirft die Frage auf, ob bei den beiden Mädchen die Invarianz im Gewichtskonzept etabliert ist. In den Aufgaben zum Invarianzverständnis zeigt sich jedoch bei beiden, dass sie wissen, dass beim Zerteilen einer Knetkugel die Kugelteile nicht schwerer sind, als die Kugel vorher war. Hier lässt sich ein SEB identifizieren: Die Invarianz wird situationsabhängig erkannt. Im **dritten** Interview findet sich die im ersten Interview gezeigte Argumentationsstruktur bei beiden nicht mehr, obwohl die Materialauswahl der Aufgabe (CD mit Hülle versus Serviettenpackung) eine ähnliche Interpretationsmöglichkeit geboten hätte.

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview prüfen in Aufgabe 1.1b bis auf ein Kind alle Kinder das Gewicht aller fünf Geschenke manuell. Nur Annegret prüft im **zweiten** Interview nicht das Gewicht aller Geschenke:

**Aufgabe 1.1b (nur 2. und 3. Interview):** Vor dem Kind liegen fünf verschiedene Geschenke, die in Größe und Gewicht variieren: *Welches Geschenk ist am schwersten?*

- Annegret (Int. 2.1, 01:07-02:20)
- 1970 I: *Welches Geschenk ist am schwersten?*
- 1971 A: (5 Sek.) (zuckt mit den Schultern) *Von außen sieht das [am schwersten] aus* (zeigt auf das größte). (...) *Weil das größer ist.*
- 1972 I: *Du sagst, von außen sieht das am schwersten aus. Was heißt das?*
- 1973 A: (zuckt mit den Schultern.)
- 1974 I: *Wir wollen wissen, welches am schwersten ist.*
- 1975 A: *Weil ich das glaube.*
- 1976 I: *Aber du hast auch erst wieder mit den Schultern gezuckt. (...) Entscheidest du dich jetzt für das, oder möchtest du gerne irgendwas machen, um mir sagen zu können, welches das schwerste ist?*
- 1977 A: *Hochheben* (vergleicht das größte Geschenk mit dem zweitgrößten, indem sie die Geschenke nacheinander hochhebt, deutet dann auf das zweitgrößte). *Das hier.*
- 1978 I: *Was ist mit dem?*
- 1979 A: *Das ist schwer. (...)*
- 1980 I: *Und was ist mit den anderen?*
- 1981 A: (zuckt mit den Schultern)
- 1982 I: *Hast du dich für eins entschieden?*
- 1983 M: (nickt und zeigt auf das zweitgrößte) *Für das. Wegen das schwer ist.*

Annegret trifft zunächst eine Entscheidung auf visueller Grundlage (Z. 1971) und führt erst auf Initiative vom Interviewer einen manuellen Vergleich durch. Den beschränkt sie auf den Vergleich der beiden größten Geschenke (Z. 1977). Obwohl sie hierbei feststellt, dass dieser ihre erste Vermutung widerlegt, hält sie einen manuellen Vergleich mit den übrigen drei Geschenken nicht für nötig (Z. 1981). Innerhalb des von ihr aktivierten Konzepts besteht die Vorstellung „größer ist schwerer“. Durch ihre Wortwahl „von außen“ (Z. 1971) macht sie deutlich, dass sie ihre Entscheidung aufgrund eines Größenvergleichs getroffen hat. Eine Interpretation des „von außen“ wäre, dass ihr bewusst ist, dass der manuelle Vergleich nicht ausreicht, was implizierte, dass es für sie auch denkbar ist, dass aufgrund des Inhalts ein anderes Geschenk am schwersten ist. Das ist aber nicht der Fall: Sie führt erst auf Interviewerinitiative einen manuellen Vergleich durch; und obwohl dieser manuelle Vergleich ihre Entscheidung widerlegt, veranlasst sie dies nicht dazu, weitere Vergleiche durchzuführen. Es scheint so, als sei ihr bewusst, dass sie einen visuellen Vergleich durchführt, zu dem es Alternativen geben muss. Sie kennt aber keine – nicht visuelle – Alternative. Im **dritten** Interview dagegen prüft sie das Gewicht aller Geschenke, um eine Entscheidung treffen zu können.

Bevor Christoph bei der gleichen Aufgabe im **zweiten** Interview die manuellen Vergleiche durchführt, entscheidet er sich für das drittgrößte Geschenk und argumentiert über eine Kombination aus Größe und möglichem Inhalt (Z. 1985):

- Christoph (Int. 2.1, 01:36-03:25)
- 1984 I: *Welches Geschenk ist das schwerste?*

- 1985 Chr: (32 Sek.) (deutet auf das drittgrößte Geschenk) *Das. (..) Das müsste das Schwerste sein. (6 Sek.) Das (zeigt auf das drittgrößte) ist am schwersten, weil das (zeigt auf das kleinste) leichter ist und das (zeigt auf ein weiteres Geschenk) ist auch leichter. Das (drittgrößte) ist am schwersten.*
- 1986 I: *Wieso denkst du, dass das am schwersten ist?*
- 1987 Chr: *Weil das aussieht, als ob da (..) was Schweres drin ist. Da (zeigt auf das kleinste) kann ja nicht so was Großes rein, was am schwersten ist, da (zweitgrößte) auch nicht so viel, so was Großes, da (zeigt auf ein weiteres Geschenk) kann was sehr großes rein und da (zeigt auf das größte Geschenk). Aber ich vermute mal, dass das am grö. Am schwersten ist (zeigt auf seine Erstwahl).*
- 1988 I: *Warum kann hier (zweitgrößtes) nicht so was Großes rein?*
- 1989 Chr: *Weil das dünner ist, aber nicht breiter. Und das (drittgrößte) ist dicker, aber dafür nicht so breit.*
- 1990 I: *Und wieso vermutest du dann dieses hier und nicht das oder das (I. zeigt auf die beiden Geschenke, bei denen er angegeben hatte, dass ebenfalls etwas Großes reinpasse)?*
- 1991 Chr: *(..) Weil da (Erstwahl) kann mehr was Schweres drin sein, genauso wie bei den anderen zwei, aber ich vermute mal, dass was Schwereres drin ist.*

Christhoph argumentiert teils über Größe, teils über Inhalt. Die Größe ist nicht alleiniges Kriterium. Er weiß, dass unterschiedliche Inhalte (Material und Menge) das Gewicht bestimmen. Dabei ignoriert er, dass er nicht weiß, was in den Geschenken ist, und baut eine gedankliche Hypothese auf, die er dann natürlich nicht konsistent begründen kann:

- Andere sind „leichter“ (Z. 1985)
- „Sieht aus, also ob da was schwereres drin ist“ (Z. 1987)
- In ein anderes (kleineres) „kann ja nicht so was großes rein“ (Z. 1987)
- In zwei andere (große) „kann was sehr großes rein“ (Z. 1987)

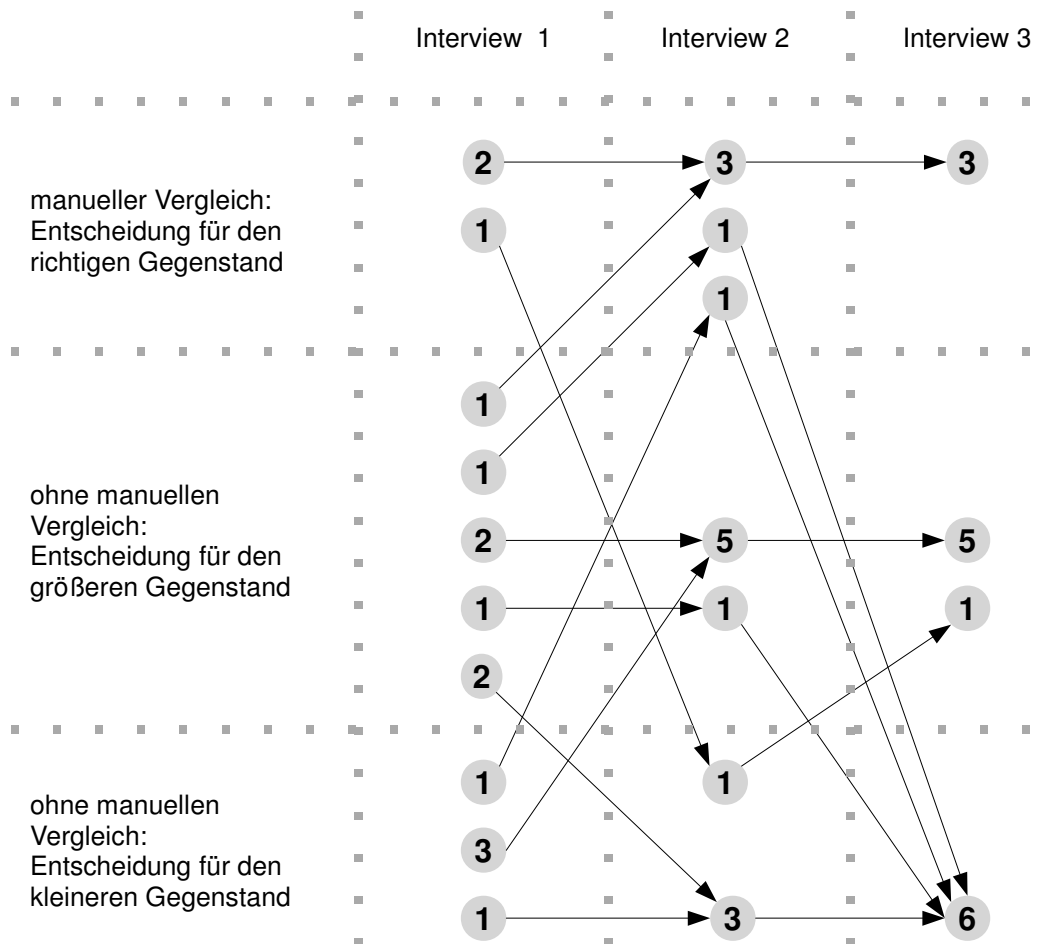
Deswegen wirkt seine Argumentation diffus. Sein Konzept beinhaltet, dass zum einen die Größe (Gewicht?) des Inhalts und zum anderen die Größe der Verpackung Auswirkungen auf das Gewicht hat. Unklar bleibt dabei, warum er sich mit dieser Begründung nicht für das größte, sondern für das drittgrößte entscheidet, insbesondere, weil er sich in der ersten Aufgabe mit dem gleichen Konzept für die größere Dose entschieden hat. Eine mögliche Interpretation ist, dass er zunächst geraten hat und aufgrund der Nachfragen durch den Interviewer nachträglich nach Argumenten für seine Wahl gesucht hat.

### **Zusammenfassung**

Bei den Aufgaben zum Gewichtsvergleich ging es darum, aufzuzeigen, auf welche Art und Weise die an der Untersuchung teilgenommenen Kinder Entscheidungen bezüglich der Gewichtsrelation von Gegenständen treffen.

Die folgende Grafik veranschaulicht die Entwicklung in der Vorgehensweise der Kinder bei der ersten Aufgabe zum Gewichtsvergleich zweier Gegenstände im Laufe der drei Interviews (Aufgabe 1.1a):





Beispielsweise entscheiden sich drei Kinder im ersten Interview auf der Basis eines manuellen Vergleichs für den richtigen Gegenstand. Zwei dieser Kinder führen im zweiten und dritten Interview wieder einen manuellen Vergleich durch. Das dritte Kind entscheidet sich im zweiten und dritten Interview jeweils auf der Grundlage eines visuellen Vergleichs, im zweiten Interview für den kleineren und im dritten Interview für den größeren Gegenstand.

Es zeigt sich, dass bei einer Minderheit der Kinder ein manueller Vergleich entscheidender Teil des Konzepts ist. Nur zwei Kinder entschieden sich in allen drei Interviews spontan und ausschließlich aufgrund eines manuellen Vergleichs. Die meisten Kinder entscheiden sich dagegen in allen drei Interviews für einen der beiden Gegenstände, ohne einen manuellen Vergleich durchzuführen. Dabei fällt im ersten Interview auf, dass sich wider Erwarten viele Kinder für den kleineren Gegenstand entscheiden, was darauf zurückzuführen ist, dass diese Kinder über die Information verfügten, dass es sich bei dem kleineren Gegenstand um den schwereren handelt. Dies zeigt sich in ihren Begründungen. Zu erwarten gewesen wäre, dass sich die Kinder, die keinen manuellen Vergleich durchführen, für den größeren Gegenstand entscheiden. In allen drei Interviews ist der Anteil der Kinder, die sich für den kleineren Gegenstand aufgrund eines visuellen Vergleichs entscheiden, auffällig hoch (da es sich um ein unerwartetes Verhalten han-

delt). Eine mögliche Interpretation hierfür ist, dass die Aufgabensituation der ersten Aufgabe im ersten Interview für die Kinder so prägend war, dass sie aufgrund dessen sich auch in den Folgeinterviews ohne manuellen Vergleich für den kleineren Gegenstand entscheiden. Dies deutet auf einen im Rahmen der Interviews angelegten subjektiven Erfahrungsbereich hin: Die Kinder haben im ersten Interview die Erfahrung gemacht, dass die erste Aufgabe so konzipiert war, dass der kleinere Gegenstand der schwerere war, was unter Umständen entgegen ihrer Erwartung war. Dies hat zur Bildung eines SEBs geführt, der in den Folgeinterviews von den Kindern weiter aktiviert wird. Inwieweit dieser SEB nur im Rahmen der Interviewsituation eingesetzt wird oder auch ein Rückgriff im Alltag erfolgt, kann nicht beurteilt werden.

In anderen Situationen im Rahmen der Interviews findet sich entgegen der Vorgehensweise in der ersten Aufgabe auch das zu erwartende Verhalten über alle drei Interviews hinweg: Die Kinder, die keinen manuellen Gewichtsvergleich durchführen, entscheiden sich auf der Grundlage eines visuellen Vergleichs für den größeren Gegenstand. Hintergrund dieses Vorgehens ist die unzulässige Verallgemeinerung, dass ein größerer Gegenstand immer schwerer ist als ein kleinerer. Das Konzept, das diese Sichtweise beinhaltet, vernachlässigt die Dichten der Materialien der vorliegenden Gegenstände. Dieses Verständnis zeigte sich in den Begründungen der Kinder und führt dazu, dass ein manueller Vergleich in der Regel nicht eigeninitiativ durchgeführt wird.

Daneben findet sich in anderen Situationen (zu allen drei Interviewzeiträumen) noch ein Übergangskonzept: Es finden sich Kinder, die über den Inhalt oder die Gegenstände im allgemeinen Hypothesen bilden und dabei letztlich Materialdichte und -menge als ausschlaggebendes Kriterium erkannt haben. Dadurch, dass sie aber rein gedanklich Überlegungen ohne manuellen Vergleich anstellen, fehlt ihren Entscheidungen die Grundlage.

Innerhalb dieses Konzepts ist keine deutliche Entwicklung bei den Kindern erkennbar. Wie dargestellt finden sich Kinder, die über alle drei Interviews hinweg generell einen manuellen Vergleich durchführen. Die Kinder, die auf diesen im ersten Interview nicht selbständig zurückgreifen, zeigen auch in den Folgeinterviews diesbezüglich keine auffällige Veränderung: sie bevorzugen in allen drei Interviews eine Entscheidung ohne manuellen Vergleich. Das deutet darauf hin, dass sich die Entwicklung des Konzepts Gewichtsvergleichs relativ viel Zeit braucht und bei den meisten Kindern noch nicht abgeschlossen ist.

## 4.2 Konzept: Invarianz

Bei Aufgabe 1.5 erkennen fast zwei Drittel der Kinder (9 von 15) zum Zeitpunkt des ersten Interviews die Gewichtsinvarianz und können sie über die Identität begründen. Bei fünf dieser Kinder findet sich ein Invarianzkonzept, das in allen drei Interviews si-

cher aktiviert werden kann. Folgende zwei Ausschnitte zeigen die Begründungen für die erkannte Invarianz beispielhaft:

- Veronika (Int. 1.1, 16:47-17:22)
- 1992 I: *Was ist schwerer, was ist leichter?*
- 1993 V: (4 Sek.) *Beides gleich.*
- 1994 I: *Warum vermutest du, dass beides gleich ist?*
- 1995 V: *Weil es als Kugel auch beides gleich war.*
- 1996 I: *Aber jetzt ist es doch kleine Kugel mehr.*
- 1997 V: (16 Sek.) *Weil es immer noch gleich viel Knete ist.*

- Kasim (Int 1.1, 23:26-23:57)
- 1998 I: *Was ist schwerer?*
- 1999 K: (12 Sek.) *Alle beide.*
- 2000 I: *Warum alle beide?*
- 2001 K: (...) *Weil das gleich, gerade gleich schwer. Dann hast du das nur in eine Platte gemacht und das ist gleich schwer, weil du nichts genommen hast.*

In beiden Ausschnitten wird deutlich, dass den Kindern bewusst ist, dass die beiden Knetmengen vor der Verformung gleich schwer waren (Z. 1995, 2001) und es nur über eine Veränderung der Knetmenge möglich wäre, das Gewicht zu verändern (Z. 1997, 2001). Dies belegt, dass sich das Invarianzkonzept dieser Kinder mit dem wissenschaftlichen Invarianzkonzept weitgehend deckt.

Bei drei Kindern ist ein Konzept der Invarianz zwar vorhanden, aber noch nicht gefestigt. Diese Kinder befinden sich in einem Übergangsstadium (nach PIAGET, vgl. Kap. A 4.1), was sich in Zögern und Unsicherheit bei der Entscheidung zur Gewichtsrelation und bei der Begründung dieser Entscheidung zeigt, wie etwa bei Verena:

- Verena (2.1, 19:50-20:16)
- 2002 I: *Die kleinen Stücke alle zusammen oder die Rolle. Was ist schwerer?*
- 2003 V: (6 Sek.) *Ich schätze mal* (zeigt auf die Rolle, stockt und zeigt dann auf die kleinen Stücke) *die.*
- 2004 I: *Warum?*
- 2005 V: *Weil das sind ja eigentlich genauso viele ehm genauso viel wie eine Rolle. (.) Also eigentlich müssten die dann gleich sein.*

Verena zögert (Z. 2003, 6 Sek. Pause) und entscheidet sich dann dafür, dass die Einzelstücke schwerer sind (Z. 2002). Nach eine Begründung gefragt, entscheidet sie sich um und gibt Gewichtsgleichheit an. Dabei beruft sie sich darauf, dass die Knetmengen vorher gleich schwer waren (Z. 2005) – Identität. Ihr Invarianzkonzept wird also durch die Aufforderung zur Begründung aktiviert.

Der folgende Ausschnitt gibt ein weiteres Beispiel für ein noch nicht gefestigtes Invarianzkonzept:

- Johanna (Int. 1.1, 10:27-11:10)
- 2006 J: *Die große Kugel ist schwerer?*
- 2007 I: *Was musst du also machen?*
- 2008 J: *Kleiner formen.*
- 2009 I: *Mhm.*
- 2010 J: (versucht die Knetkugel fester zusammen zu drücken): *Ich versuch sie noch kleiner zu machen* (drückt weiter – 5 Sek.)

**Aufgabe 1.5:** Vor dem Kind liegen die beiden gleich schweren Kugeln (Rollen) aus der vorangegangenen Aufgabe (1.4). Der Interviewer verformt vor den Augen des Kindes die „Kinderkugel“ zu einer flachen Platte (bzw. die „Kinderrolle“ zu einer Kugel): *Was ist schwerer: die Kugel bzw. Rolle oder die Platte bzw. Kugel?* Anschließend wird die vorab entstandene flache Platte (bzw. Kugel) durch den Interviewer in kleine Einzelteile zerlegt: *Was ist schwerer?*

Aufgabe 1.4 im zweiten Interview: Vor dem Kind liegen eine Knetrolle sowie Knetmasse: *Forme eine Rolle, die genauso schwer ist wie diese Rolle.*

- 2011 I: *Meinst du, wenn du sie kleiner drückst, wird sie leichter?*  
 2012 J: *Oder ich muss da wenig Knete abmachen.*  
 2013 I: *Wann wird sie leichter? Wenn du sie zusammendrückst, wird sie dann leichter?*  
 2014 J: *Nein.*  
 2015 I: *Warum wird sie nicht leichter?*  
 2016 J: *Weil sie dann immer noch so groß ist?*  
 2017 I: *Und wenn du sie fester zusammendrückst, würde sie leichter werden?*  
 2018 J: *Nein, weil dann immer noch genauso viel Knete da ist.*  
 2019 I: *Was musst du also machen?*  
 2020 J: *Ein bisschen weniger Knete nehmen.*

Johanna versucht die Kugel zu komprimieren (Z. 2008, 2010), wie man z.B. eine Schaumstoffkugel komprimieren kann. Ihre Annahme dabei ist vermutlich: Eine kleinere Kugel aus demselben Material ist leichter als eine größere. Dabei ignoriert sie, dass bei Kompression zum einen die Identität der Materialmenge erhalten bliebe und zum anderen, dass das geringere Volumen durch höhere Dichte kompensiert würde. Auf Nachfrage des Interviewers erkennt sie die Identität (Z. 2018). Das Beispiel zeigt, dass neben dem von ihr verbalisierbaren Invarianzkonzept ein Konzept besteht, das diesem widerspricht und das sie in einer entsprechenden Situation ohne offensichtlichen inneren Konflikt aktiviert.

Drei Kinder waren in keinem der drei Interviews in der Lage, die Gewichtsgleichheit aufgrund der Invarianz zu erkennen. Eine Entwicklung ist nicht erkennbar:

Christoph argumentiert z.B. im **ersten** Interview:

- Christoph (Int. 1.1, 26:02-26:22)  
 2021 (Vor Christoph liegen eine Knetkugel sowie eine Knetplatte.)  
 2022 I: *Was ist schwerer?*  
 2023 Chr: (13 Sek.) *Die [Platte].*  
 2024 I: *Warum?*  
 2025 Chr: *Weil das. Ehm. Weil das Gewicht auf allen, auf allen vier Seiten verteilt ist.*

Er erklärt, dass die Knetplatte schwerer sei, weil sich „*das Gewicht auf allen vier Seiten verteilt*“ (Z. 2025). Dies kann so gedeutet werden, dass er versucht auszudrücken, dass die Grundfläche vergrößert ist; die „vier Seiten“ bedeuten dann, dass sich die Grundfläche der Kugel von ihrem Mittelpunkt aus gesehen in beiden Dimensionen in jeweils beiden Richtungen gleichmäßig vergrößert hat (nach links, rechts, vorne, hinten). Dabei ignoriert er jedoch, dass dafür die Höhe reduziert ist – er erkennt die Kompensation nicht.

Auch im **zweiten** und **dritten** Interview erkennt er die Kompensation und somit die Invarianz nicht und entscheidet sich in beiden Fällen dafür, dass die Einzelteile schwerer sind.

- Christoph (Int. 2.1, 29:25-31:19)  
 2026 I: *Die [Einzelteile] alle zusammen oder die Rolle. Was ist schwerer?*  
 2027 Chr: (6 Sek.) *Die Einzelteile.*  
 2028 I: *Warum sind die schwerer?*  
 2029 Chr: *Weil ehm die sind ja. Oder? Ne. Die Einzelteile sind schwerer.*

- Christoph (Int. 3.1, 10:11-11:18)  
 2037 I: *Die kleinen Stücke alle zusammen oder die eine Kugel. Was ist schwerer?*  
 2038 Chr: (5 Sek.) *Die Stücke.*  
 2039 I: *Warum sind die Stücke schwerer?*  
 2040 Chr: *Weil die Stücke schwerer aussehen als die (..) Plastikkugel.*

- |  |   |
|--|---|
| <p>2030 I: <i>Und warum sind die Einzelteile schwerer?</i></p> <p>2031 Chr: <i>Weil die Rolle ist ja noch leicht. Weil die ja noch heile ist., also nicht kaputt gemacht ist. Und das sind ja kleine Einzelteile. Und wenn man da jetzt ein Einzelteil wegnimmt, dann ist es nicht mehr schwerer. Wenn das jetzt 34 Gramm wiegt und die [Rolle] wiegt jetzt 32 Gramm und man nimmt da jetzt zwei Gramm weg, dann sind es ja noch 32 Gramm. Dann wiegen sie wieder gleich viel. (???) Eigentlich müssen die schwerer sein. (..) Die Einzelteile sind schwerer als die Rolle.</i></p> <p>2032 (I. knetet die Einzelteile zu einer Kugel zusammen.)</p> <p>2033 I: <i>Was ist schwerer?</i></p> <p>2034 Chr: (12 Sek.) <i>Die Rolle.</i></p> <p>2035 I: <i>Warum ist die Rolle schwerer?</i></p> <p>2036 Chr: <i>Weil die 'n bisschen länger ist. Und 'n bisschen breiter. Und die Kugel ist ja einfach nur 'ne Kugel. Die ist nicht länger., (..) nicht breiter.</i></p> | <p>2041 (I. knetet die Einzelteile zu einer Platte zusammen.)</p> <p>2042 I: <i>Was ist schwerer: die Platte oder die Kugel?</i></p> <p>2043 Chr: <i>Die Kugel.</i></p> <p>2044 I: <i>Warum ist die Kugel schwerer?</i></p> <p>2045 Chr: <i>Weil die Platte ist irgendwie, irgendwie leichter aussieht als die Kugel.</i></p> <p>2046 I: <i>Wieso sieht die Platte leichter aus?</i></p> <p>2047 Chr: <i>Weil die 'n bisschen flach ist. (.) Und weil die dünner ist.</i></p> |
|--|---|

Im **zweiten** Interview nimmt er aus nicht erkennbaren Gründen an, dass die Einzelteile zusammen 34g wiegen, während die Rolle nur 32g wiegt (Z. 2031). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass er sich das Gewicht von 34g aus dem vorherigen Interviewverlauf, wo er mit Hilfe der digitalen Waage das Gewicht seiner Knetrolle dem Gewicht der Vergleichsrolle angepasst hat, eingeprägt hat.

Im **dritten** Interview argumentiert Christoph weder über die Anzahl noch über einen Abgleich der Form, sondern gibt einfach nur an, dass es schwerer oder leichter aussehe (Z. 2040, 2045). Diese Begründung findet sich bei verschiedenen Kindern und ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass diese Kinder in den entsprechenden Situationen keine alternative, besser nachvollziehbare Erklärung geben können oder selbst nicht wissen, warum sie sich so entschieden haben. „Sieht so aus“ kann auch auf eine gedankliche Assoziation hinweisen, die sie nicht in Worte fassen können. Eine weitere mögliche Interpretation wäre, dass sie geraten haben und es deswegen keine stichhaltigen Argumente gibt, die ihre Entscheidung begründen.

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview weisen Christophs Begründungen im zweiten Teil der Aufgabe, in denen er jeweils über die veränderte Ausdehnung argumentiert (Z. 2036, 2047), auf die fehlende Kompensation hin.

Auch Thorsten entscheidet im **zweiten** Interview, dass die Einzelteile schwerer seien als die Kugel bzw. Rolle. Als Begründung führt er an, dass es sich bei ihnen um eine größere Anzahl handle (Z. 2051):

- Thorsten (Int. 2.1, 11:46-12:45)
- 2048 I: *Die alle zusammen oder die Rolle. Was ist schwerer?*
- 2049 T: (5 Sek.) *Die kleinen.*

## C Ergebnisse der Untersuchung

- 2050 I: *Warum denkst du, dass die schwerer sind?*  
 2051 T: (10 Sek.) *Mm. (16 Sek.) Das sind ja sehr viel Stückchen. Und. (6 Sek.) Das [die Rolle] ist ja nur einziges Stück. (4 Sek.) Also würd ich sagen, dass dies hier [die Einzelteile] schwerer ist.*

Im **dritten** Interviewer entscheidet er sich ebenfalls für die Einzelteile, begründet seine Wahl diesmal jedoch über den Materialunterschied (Z. 2055).

Thorsten (Int. 3.1, 12:02-12:21)

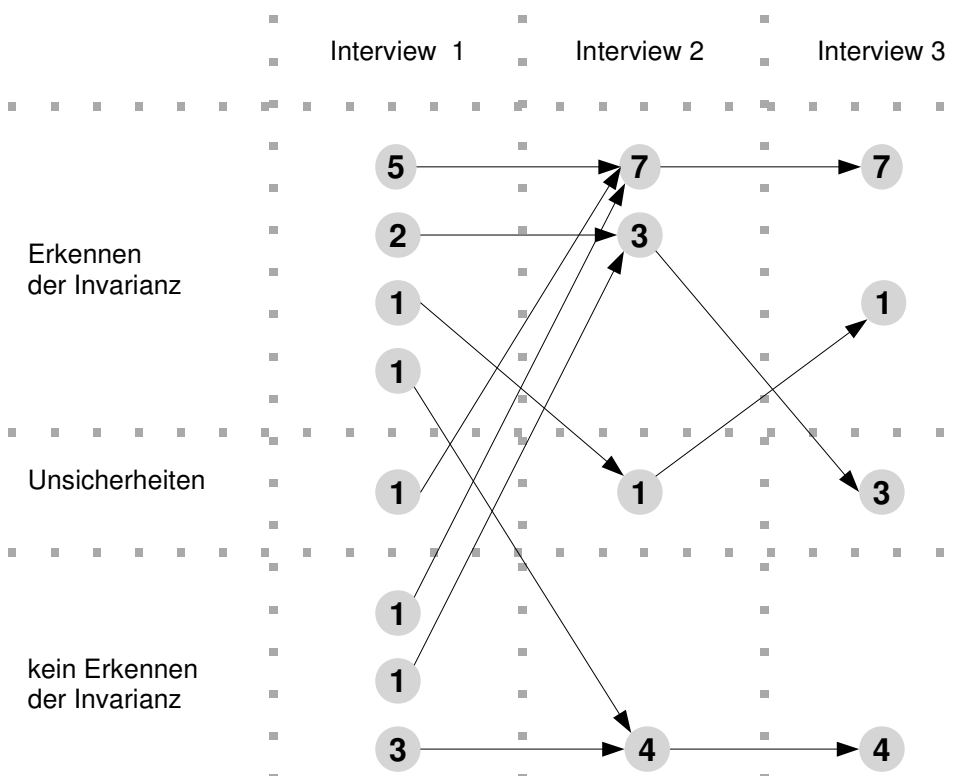
- 2052 I: *Diese kleinen Einzelteile alle zusammen oder diese Plastikkugel. Was ist schwerer?*  
 2053 T: (5 Sek.) *Die kleinen sind schwerer.*  
 2054 I: *Warum sind die schwerer?*  
 2055 T: *Weil das anderes Material ist. Und das ist ja auch schwerer.*

In dieser Erklärung ignoriert er, dass der Dichteunterschied bereits durch unterschiedliche Materialmengen kompensiert wurde.

Sowohl im **zweiten** als auch im **dritten** Interview zeigt sich, dass ihm das Erkennen der Kompensation fehlt (*mehr Teile, aber dafür kleinere bzw. höhere Dichte, dafür geringeres Volumen*).

### Zusammenfassung

Die folgende Grafik zeigt auf, in welchem Erkenntnisstadium sich die jeweiligen Kinder in den drei Interviews bezüglich der Invarianz befinden:



Mehr als die Hälfte der an der Untersuchung beteiligten Kinder (acht) verfügt im dritten Interview über ein Invarianzkonzept. Dabei handelt es sich bei fünf Kindern um ein stabiles Konzept, das in allen drei Interviews aktiviert wird. Die drei anderen Kindern er-

kennen die Invarianz in zwei von drei Interviews sicher. Bei fünf Kindern findet sich noch eine Instabilität, was sich darin zeigt, dass sie innerhalb ihrer Argumentationsstruktur zwischen dem Erkennen der Invarianz und der Anwendung anderer Konzepte hin und her schwanken. Diese Kinder befinden sich nach PIAGET in einem Übergangsstadium. Bei drei Kindern zeigt sich, dass sie noch über kein etabliertes Invarianzkonzept verfügen. Diese drei Kindern erkennen die Gewichtsgleichheit nicht, sie begründen ihre Entscheidung über einen Anzahl- oder Formenvergleich (fehlendes Erkennen der Kompensation).

Dabei lässt sich feststellen, dass die Gewichtsgleichheit aufgrund der Invarianz des Gewichts gegenüber Verformung – sofern sie erkannt wird – stets über die Identität der Materialmenge begründet wird. Die Identität haben (fast) alle Kinder in ihrem Invarianzkonzept verankert. Was bei einigen Kindern jedoch noch nicht (genügend) etabliert ist, ist ein Verständnis der Kompensation bei Verformung und Zerteilung. Alle Kinder, die nach der Verformung Gewichtungleichheit vermuten, begründen dies durch eine Zunahme/ Abnahme in einer bestimmten Dimension (Fläche, Anzahl, Volumen) und ignorieren die gleichzeitige Abnahme/Zunahme in einer anderen Dimension (Höhe, Volumen, Dichte).

Über den Interviewzeitraum ist keine deutliche Weiterentwicklung des Konzepts zum Erkennen der Invarianz erkennbar. Zum Zeitpunkt des dritten Interviews erkennt sogar ein Kind weniger die Invarianz als noch im ersten Interview. Das deutet darauf hin, dass die Entwicklung des Invarianzkonzepts bei knapp der Hälfte der Kinder noch nicht abgeschlossen ist.

### 4.3 Konzept: Einheiten

Es zeigt sich, dass die Kinder im ersten Interview über unterschiedlich ausgebaute Konzepte für die Einheiten Gramm und Kilogramm verfügen. So gibt es Kinder, die wissen, dass ein Gramm leichter als ein Kilogramm ist und dass ein Kilogramm tausend Gramm entsprechen, neben Kindern, die denken, dass ein Kilogramm weniger ist als ein Gramm.

Gregor mischt im ersten Interview diese beiden Vorstellungen:

- Gregor (Int. 1.2, 01:25-01:50)
- 2056 I: Kennst du den Unterschied zwischen Gramm und Kilogramm?
- 2057 G: (.) Nicht so ganz.
- 2058 I: Was denn so ungefähr?
- 2059 G: Dass, ehm, (..) tausend Gramm ist ein Kilogramm.
- 2060 I: Da weißt du doch schon eine ganze Menge, wenn du weißt, dass tausend Gramm ein Kilogramm ist. Das heißt, ein Gramm ist weniger oder mehr als ein Kilogramm?
- 2061 G: (.) Das ist. (.) Mehr.

**Aufgabe 2.1:** Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt? und **Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?**

Einerseits weiß er, dass tausend Gramm einem Kilogramm entsprechen (Z. 2059), andererseits gibt er an, dass ein Gramm mehr sei als ein Kilogramm (Z. 2061). Diese Aussagen widersprechen sich, rufen aber keinen offensichtlichen Konflikt bei ihm hervor. Es ist aber denkbar, dass die Nachfrage des Interviewers, ob ein Gramm mehr oder weniger als ein Kilogramm sei (Z. 2060), ihn verunsichert oder verwirrt hat – er antwortet zögerlich (Z. 2061).

- |   |   |
|---|---|
| <p>Gregor (Int. <b>2.1</b>, 23:43- 24:07)</p> <p>2062 I: <i>Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?</i></p> <p>2063 G: (...) <i>Also ein Gramm ist viel weniger als ein Kilogramm.</i></p> <p>2064 I: <i>Weißt du, wie viel weniger das ist?</i></p> <p>2065 G: (...) <i>Tausend Gramm Unterschied.</i></p> <p>2066 I: <i>Was ist mit tausend Gramm?</i></p> <p>2067 G: <i>Tausend Gramm ist ein Kilogramm.</i></p> | <p>Gregor (Int. <b>3.1</b>, 20:06-20:21)</p> <p>2068 I: <i>Und kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?</i></p> <p>2069 G: (4 Sek.) <i>Ja, eh. (...) Ein Kilo sind (...) 1000 Gramm.</i></p> |
|---|---|

Im zweiten Interview weiß er, dass ein Gramm „viel weniger als ein Kilogramm“ ist (Z. 2063) und sein Wissen über das Verhältnis bestätigt sich sowohl im zweiten als auch im dritten Interview (Z. 2067, 2069). Diese wiederholte Abrufbarkeit zeigt, dass sein Konzept von Einheiten in dieser Hinsicht stabil ist.

Fine unterscheidet sowohl im ersten als auch im zweiten Interview nicht nur zwischen den Einheiten Gramm und Kilogramm, sondern fasst die umgangssprachliche Kurzform „Kilo“ als weitere Einheit auf:

- Fine (Int. **1.2**, 05:17-06:12)
- 2070 F: *Die [Personen-]Waage. Die zeigt nur Kilo an. Und nicht Kilogramm. (...) Oder Gramm. [...] (Gespräch über verschiedene Waagen)*
- 2071 I: *Gibt es einen Unterschied zwischen Kilo und Kilogramm?*
- 2072 F: *Kilogramm ist schwerer.*
- 2073 I: *Kilogramm ist schwerer als Kilo?*
- 2074 F: *Eh (schüttelt mit dem Kopf). Nein. Kilo ist schwerer.*
- 2075 I: *Kilo ist schwerer als was?*
- 2076 F: *Kilogramm.*
- 2077 I: *Mhm. Und was ist mit Gramm?*
- 2078 F: *Gramm. Das ist das leichteste. Also leichter als Kilo und Kilogramm.*

Fine nennt von sich aus die drei Begriffe Gramm, Kilo und Kilogramm und grenzt sie als unterschiedliche Einheiten voneinander ab, für die sie sogar versucht, eine Ordnung zu formulieren. Dabei schwankt sie hinsichtlich der Rangfolge von Kilo und Kilogramm hin und her (Z. 2072, 2074). Inwieweit sie sich vor dem Interview schon einer Ordnung bewusst war oder ob sie diese ad hoc konstruiert, bleibt offen.

- Fine (Int. **2.1**, 20:30-20:59)
- 2079 I: *Gibt's 'n Unterschied zwischen Kilo und Kilogramm?*
- 2080 F: (4 Sek.) *Ja, weil Kilo mehr wiegt. Also (...) dass Kilo, glaub ich 1000 Kilogramm sind. (...) Ja.*
- 2081 I: *Also das (zeigt auf die Sandtüte) ist jetzt ein Kilogramm?*
- 2082 F: *Ja.*
- 2083 I: *Und was wär mit einem Kilo? Ein Kilo wäre?*
- 2084 F: *Ehm, 1000 Kilogramm.*



Auch im zweiten Interview fasst sie „Kilo“ und „Kilogramm“ als getrennte Einheiten auf (Z. 2080). Dabei behält sie die Ordnung bei, dass ein Kilogramm weniger ist als ein Kilo, und überträgt die Umrechnungszahl 1000 auch auf das Verhältnis dieser beiden Einheiten (Z. 2080, 2084).

Im intuitiven Vorgehen verwendet sie jedoch die Einheit Kilo, wenn Kilogramm richtig wäre, wie das folgende Beispiel zeigt (Z. 2088):

- Fine (Int. 2.2, 01:08-01:38)
- 2085 I: *Wie viel wiegst du?*
- 2086 F: *Ich wieg zwischen (.) 30 und 31.*
- 2087 I: *Mhm. Das heißt, wie schwer bist du?*
- 2088 F: (6 Sek.) *30 Kilo und 500 Gramm.*
- 2089 I: *Was hast du denn gerade überlegt?*
- 2090 F: *Ehm. Was noch mal zwischen einem Gramm. Ehm, ich meinte, (.) einem Kilo ist. Und was davon die Hälfte ist, hab ich überlegt.*

Diese Unterscheidung deutet auf einen Subjektiven Erfahrungsbereich für das Wiegen mit der Personenwaage bei Fine hin, indem sie in diesem Kontext explizit die Einheit „Kilo“ aktiviert. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass es sich bei der Bestimmung des Körpergewichts um einen ihr vertrauten Bereich handelt, in dem die umgangssprachliche Kurzform „Kilo“ etabliert ist, die sie deswegen intuitiv richtig verwendet. Daneben existiert das vorab vorgestellte Konzept, das von einem Unterschied ausgeht. Das legt nahe, dass ihre Unterscheidung ad hoc erfolgt und nicht fest verankert ist, sondern einen Ausweg aus dem Konflikt darstellt, dass Kilo und Kilogramm irgendwie unterschiedlich sein müssen, sie aber keinen Unterschied kennt. Dementsprechend aktiviert sie entweder das Konzept, in dem sie Kilo als dritte Einheit ansieht, oder das Konzept, in dem Kilo äquivalent zu Kilogramm genutzt wird.

Im dritten Interview zeigt Fine, dass sie nun über ein Konzept verfügt, in dem sie die Gleichheit von Kilo und Kilogramm annimmt:

- Fine (Int. 3.2, 12:57-13:21)
- 2091 I: *Gibt es eigentlich einen Unterschied zwischen einem Kilogramm und einem Kilo?*
- 2092 F: (...) *Ehm. Nein.*
- 2093 I: *Ist das das gleiche?*
- 2094 F: *Eigentlich schon. (...) Das ist eigentlich, glaub ich, dasselbe, nur dass bei Kilo (..) ist ja dasselbe wie Kilogramm. Nur bei Kilogramm wird noch das Gramm dahintergesetzt.*

Sie weiß, dass Kilo und Kilogramm Bezeichnungen für die gleiche Einheit sind (Z. 2094). Dies zeigt, dass bei Fine in Bezug auf ihr Einheitenverständnis eine Entwicklung stattgefunden hat: Während im ersten und zweiten Interview die Existenz der zwei Begriffe Kilo und Kilogramm dazu geführt, dass sie jeweils (ad hoc) Kilo als eigenständige Einheit aufgefasst hat, weiß Fine im dritten Interview, dass Kilo eine Abkürzung der Einheit Kilogramm ist.

### **Zusammenfassung**

Die Beispiele aus den beiden Einzelfallanalysen sowie die Ergänzungen aus diesem Abschnitt zeigen, dass die Konzepte zu den Einheiten Gramm und Kilogramm im ersten

Interview noch stark differieren. So gibt es Kinder, die wissen, dass ein Kilogramm mehr ist als ein Gramm und tausend Gramm einem Kilogramm entsprechen. Es gibt jedoch auch Kinder, die davon ausgehen, dass ein Gramm schwerer ist als ein Kilogramm. Auch die Umrechnungszahl 1000 ist zum ersten Interviewzeitpunkt nicht bei allen Kindern mit den Einheiten Gramm und Kilogramm verbunden. Daneben hat sich gezeigt, dass die umgangssprachliche Abkürzung Kilo für Kilogramm dazu führen kann, dass Kilo als eigenständige Einheit aufgefasst wird.

Bereits im zweiten Interview haben die Kinder ihre Konzepte angepasst. Alle verfügen nun über ein Konzept, demzufolge ein Kilogramm schwerer ist als ein Gramm und ein Kilogramm tausend Gramm entspricht, wobei eine konkrete Vorstellung des Verhältnisses 1:1000 und der damit verbundenen „Leichtigkeit“ von einem einem Gramm bei vielen nur ansatzweise vorhanden ist. Dieses Konzept bestätigt sich im dritten Interview, so dass man davon ausgehen kann, dass die unterrichtliche Behandlung zu dieser dauerhaften Konzeptentwicklung geführt hat.

### 4.4 Konzept: Waagen

Bei den Fragen zum Wissen und zu den Vorstellungen über die unterschiedlichen Waagentypen ergab sich insbesondere im **dritten** Interview bei mehreren Kindern die Frage, wie eng der Einsatzbereich der Waage von dem jeweiligen Kind gefasst wird:

Fine (Int. 3.2, 04:03-04:30)

- 2095 I: *Kann man denn auf einer Briefwaage einen Marsriegel auch auswiegen?*  
2096 F: *Nee, kann man eigentlich nur Briefe. (...) Kann man eigentlich nur Briefe mit wiegen.*  
2097 I: *Und meinst du, man könnte den Marsriegel damit [Briefwaage] auswiegen?*  
2098 (F. schüttelt den Kopf)  
2099 I: *Was würde denn passieren, wenn man den damit wiegt?*  
2100 F: *Dann würde die Waage, glaub ich, ganz weit nach unten gehen* (zeigt auf das untere Ende der Briefwaagenskala).

Fine schließt aus, dass sich mithilfe einer Briefwaage das Gewicht eines Marsriegels bestimmen lässt (Z. 2096). Sie geht davon aus, dass ein Marsriegel zu schwer für die Briefwaage ist (Z. 2100).

Letztlich bestimmt sie das Gewicht des Marsriegels doch mit der Briefwaage:

Fine (Int. 3.2, 06:52-06:59)

- 2101 (Fine hat als Gewicht für den Marsriegel auf der Briefwaage 56g abgelesen, die digitale Waage hat 54g angezeigt.)  
2102 I: *Was meinst du denn, warum die Waage ein bisschen was anderes anzeigt?*  
2103 F: *(.) Weil das eigentlich nur für Briefe gedacht ist, vielleicht.*

Fines eingangs geäußerte Meinung, dass das Gewicht des Marsriegels nicht mit der Briefwaage bestimmen werden kann, hatte sie mit einer funktionalen Problematik erklärt: Der Marsriegel sei schwerer, als es die Skala der Briefwaage anzeigen kann. Das wird nun widerlegt (Z. 2101). Trotzdem vermutet sie, dass hinter dem nominalen Unterschied von Küchenwaage und Briefwaage ein funktionaler steckt: Eine Briefwaage sei nur für Briefe (Z. 2103). Dies impliziert die Meinung, dass die Briefwaage etwas ande-

res als einen Brief nicht korrekt wiegen kann. Worin dies begründet ist (woher die Waage „weiß“, was auf ihr liegt), äußert sie nicht.

Ihre Vorstellung, dass der Genauigkeitsanspruch an eine Waage mit der Anwendung innerhalb des dafür vorgesehenen Funktionsbereichs wächst, zeigt sich auch im folgenden Interviewausschnitt:

- Fine (Int. 3.2, 08:32-09:16)
- 2104 I: *Welcher Waage würdest du denn jetzt glauben?*
- 2105 F: (...) *Der Küchenwaage.*
- 2106 I: *Warum denn der Küchenwaage?*
- 2107 F: *Weil die auch elektrisch ist.*
- 2108 I: *Mhm. Und das ist besser?*
- 2109 F: (nickt) *Ja.*
- 2110 I: *Meinst du, die digitale Waage ist genauer als die Tafelwaage?*
- 2111 F: *Ich denk, ja.*
- 2112 I: *Warum ist die genauer?*
- 2113 F: *Weil die auch elektrisch geht. (...) Und weil das [der Marsriegel] ja auch was für die Küche ist. Also Süßigkeiten kann man ja auch abwiegen. (...) Und eine Tafelwaage ist eigentlich nicht so für die Küche gedacht.*
- 2114 I: *Wofür ist denn die Tafelwaage? (...) Wo verwendet man die denn?*
- 2115 F: *Zum Beispiel im Mathebuch.*

Fine gibt an, dass sie der digitalen Waage am meisten vertraut (Z. 2105) und begründet dies zum einen damit, dass es sich um eine elektrische Waage handelt, woran sie offenbar einen Genauigkeitsvorteil koppelt. Zum anderen argumentiert sie darüber, dass es sich bei einer digitalen Küchenwaage um eine Waage für Lebensmittel handelt und sie demnach für das Auswiegen eines Marsriegels geeigneter ist als z.B. eine Tafelwaage (Z. 2113). Fine geht also auch hier davon aus, dass eine Waage bei der Genauigkeit in der Gewichtsbestimmung unterscheidet, ob der auszuwiegende Gegenstand ihrem üblichen Einsatzzweck entspricht.

Eine ähnliche Argumentation findet sich bei Johanna:

- Johanna (Int. 3.2, 02:45-03:11)
- 2116 I: *Kann man denn mit einer Briefwaage auch einen Marsriegel auswiegen?*
- 2117 J: *Mhm (verneinend).*
- 2118 I: *Warum nicht?*
- 2119 J: *Weil, die würde wieder das falsche anzeigen. Weil, ehm Briefe, die wiegen ja nur Gr. Manchmal wiegen die ein Kilogramm und sonst wiegen die ja nur Gramm und wenn das jetzt zwei Kilo wiegen würde, dann würde die Waage hier ja durchdrehen, weil die geht ja nur bis zu einem Kilogramm.*
- 2120 I: *Meinst du denn, der Marsriegel ist schwerer als ein Kilogramm?*
- 2121 J: *Ja.*

Johanna geht genau wie Fine davon aus, dass sich das Gewicht des Marsriegels nicht mithilfe der Briefwaage bestimmen lässt (Z. 2117), weil ein Marsriegel für die Gewichtsbestimmung mit einer Briefwaage zu schwer ist (Z. 2100, 2119).

Auch bezüglich des auftretenden Unterschieds in den Gewichtsangaben ähnelt Johannas Argumentation der von Fine:

- Johanna (Int. 3.2, 05:34-06:42)
- 2122 (Die digitale Waage [DW] gibt für den Marsriegel ein Gewicht von 55 Gramm an.)

- 2123 I: *Passt das zu dem Ergebnis der anderen Waage? (...) Mit der Briefwaage [BW]. Da [BW] hast du den Marsriegel ja auch schon mit ausgewogen.*
- 2124 J: *Ja, da stand 60. Also hat die [BW] nicht das richtige angezeigt.*
- 2125 I: *Woran kann das denn liegen, dass die nicht genau das gleiche anzeigen?*
- 2126 J: *Weil ehm. (...) Die [BW] hat jetzt z.B. die hätte ja denken können, dass da ein Brief drauf lag und dass der 60 Gramm schwer gewogen hat. Und dann hat die Briefwaage 60 Gramm angezeigt.*
- 2127 I: *Und wie schwer ist der Marsriegel?*
- 2128 J: *55 Gramm.*
- 2129 I: *Das heißt, du glaubst der Waage [DW] mehr als der Briefwaage?*
- 2130 J: *Ja.*
- 2131 I: *Warum denn?*
- 2132 J: *Weil ehm, die Briefwaage, die zeigt, die ist eigentlich nur für Briefe gedacht. (...) Die Küchenwaage, die kann man eigentlich für alles benutzen, nur nicht für Menschen.*
- 2133 I: *Warum kann man die denn nicht für Menschen benutzen?*
- 2134 J: *Weil, wenn man sich da drauf stellt, dann könnte die ja voll kaputt gehen.*
- 2135 I: *Warum könnte die kaputt gehen?*
- 2136 J: *Weil Menschen können ja ganz schön schwer sein.*

Johanna vertritt ebenfalls die Meinung, dass die Briefwaage nur für Briefe vorgesehen ist und dementsprechend den Genauigkeitsanspruch nicht für andere Objekte erfüllen muss, für die wiederum die digitale Küchenwaage geeignet sei (Z. 2132), nämlich für die Gewichtsbestimmung von „allem“ ausgenommen dem Körpergewicht (Z. 2132).

Der folgende Interviewausschnitt zeigt Johannas Ansicht zum Einsatz der Personenwaage in der Küche:

- Johanna (Int. 3.2, 01:20-02:21)
- 2137 I: *Könnte man diese Waage [Personenwaage] auch in der Küche zum Kuchenbacken verwenden?*
- 2138 J: *Mhm. (verneinend).*
- 2139 I: *Warum denn nicht?*
- 2140 J: *Weil, die Menschen stellen sich ja da drauf. Und wenn Mama da jetzt z.B. Mehl drauf stellen würde, und ehm, ich stand da vorher drauf, dann würd das nicht schmecken, weil wenn man da vorher drauf gestanden hat, dann ist das ja auch dreckig.*
- 2141 I: *Mhm. Und mal angenommen, man kauft die sich neu und verwendet sie zuerst in der Küche.*
- 2142 J: *Mhm (verneinend).*
- 2143 I: *Warum denn nicht?*
- 2144 J: *Weil die zeigt dann gar nicht das richtige an.*
- 2145 I: *Warum zeigt die denn nicht das richtige an?*
- 2146 J: *Weil die ist ja für Menschen gedacht. (...) Und dann zeigt die nur das falsche an.*
- 2147 I: *Was zeigt die denn falsch an?*
- 2148 J: *Wie schwer das ist. (...) Wenn du z.B. 200 Gramm nimmst, dann könnte die 10 Kilogramm anzeigen.*

In Johannas Argumentation, dass die Personenwaage nicht für den Kücheneinsatz geeignet ist, führt sie zunächst hygienische Gründe an (Z. 2140). Ab Zeile 2144 erkennt man jedoch, dass sie eine Ahnung davon hat, dass die Personenwaage zu geringe Gewichte nicht anzeigen kann. Dies wird insbesondere darin deutlich, dass sie zum einen argumentiert, dass die Waage für das Körpergewicht gedacht ist (Z. 2146) und zum anderen durch ihr Beispiel in Zeile 2148 zeigt, dass ihr bewusst ist, dass eine Personenwaage typischerweise Maßangaben mit der Einheit Kilogramm anzeigt, während in der Küche oftmals Gewichtsbestimmungen unter einem Kilogramm erforderlich sind.

## Zusammenfassung

Zum Zeitpunkt des ersten Interviews sind den Kindern die verschiedenen Waagentypen unterschiedlich gut bekannt. Dies ändert sich über den Interviewzeitraum. So kennen zum Zeitpunkt des zweiten und dritten Interviews alle Kinder alle vorliegenden Waagen und können dementsprechend auch ihren Einsatzzweck benennen. Auffällig ist jedoch, dass insbesondere im dritten Interview einige Kinder aus dem Namen der Waage auf funktionelle Einschränkungen bei Gegenständen aus anderen Bereichen schließen, der sich ihrer Ansicht nach in Ungenauigkeit äußert. Die zum Teil auftretenden unterschiedlichen Gewichtsangaben für ein und denselben Gegenstand führen sie daher auf die Zweckentfremdung der jeweiligen Waage zurück. Dabei erläutern sie nicht, woher die Waage „wissen“ kann, aus welchem Bereich der zu wiegende Gegenstand ist.

Über den gesamten Interviewzeitraum zeigt sich, dass die meisten Kinder der digitalen Waage am meisten vertrauen, da offensichtlich aufgrund der exakten Maßzahlangebe den Kindern eine vermeintliche Genauigkeit suggeriert wird.

## 4.5 Konzept: Wiegen

Beim Umgang mit den unterschiedlichen Waagentypen treten insbesondere bei der Verwendung der analogen Küchenwaage Probleme auf. Es gibt Kinder, denen zum Zeitpunkt des **ersten** Interviews die Tara-Funktion nicht bekannt ist. Andere Kinder haben keine Vorstellung davon, für welchen Gewichtsbereich eine analoge Küchenwaage geeignet ist, so z.B. Johanna:

Johanna (Int. 1.2, 05:46-6:00)-06:49)

- 2149 J: (stellt die Klebstoff-Flasche auf die Waagschale der analogen Küchenwaage) *Das [die Klebstoff-Flasche] kann man so da drauf stellen.*
- 2150 I: *Und dann?*
- 2151 J: *Dann muss man gucken, wie schwer das ist. (...) Das ist aber noch hinter Null.*
- 2152 I: *Mhm.*
- 2153 J: *Also ist das noch'n bisschen zu leicht. Also die muss noch'n bisschen weiter (zeigt auf die Skala). Also, dass dieser orangene [Zeiger] schon hinter der Null ist.*
- 2154 I: *Ja. Was heißt denn, die ist zu leicht.*
- 2155 J: *Mm. Das. Also wenn dieser orange Strich nicht hinter der Null ist, dann. Oder ja, hinter der Null ist, vor der Null ist, dann ist das zu leicht.*
- 2156 I: *Du meinst, dann kann man das nicht wiegen?*
- 2157 J: *Ja.*
- 2158 I: (gibt Johann die Klebstoff-Flasche in die Hand) *Findest du die denn leicht? Also, dass man die nicht wiegen könnte?*
- 2159 J: *Nö.*
- 2160 I: *Wo muss man denn loslegen, wenn man wiegt (deutet auf die Waage).*
- 2161 J: (guckt auf die Skala) *bei der Null (und dreht an dem Tara-Rädchen).*
- 2162 I: *Wieso meinst du denn, dass die Null anzeigen muss?*
- 2163 J: *Weil sonst kann man die [Klebstoff-Flasche] gar nicht wiegen. Weil sonst kann man gar nicht sehen, wie schwer die ist.*
- 2164 I: *Warum denn nicht?*
- 2165 J: *Weil der [Zeiger] sonst ja da stehen bleibt. Sonst geht der ja nicht so weit.*

Johanna versucht, die Klebstoff-Flasche mit Hilfe der analogen Küchenwaage auszuwiegen. Dabei interpretiert sie das angezeigte Ergebnis so, dass die Klebstoff-Flasche zu

leicht ist, weil der Zeiger nicht über die Null hinausgeht und die Waage dadurch keine Gewichtsangabe für die Klebstoff-Flasche machen kann (Z. 2153).

Erst auf Nachfrage des Interviewers erklärt Johanna die Tara-Funktion und ihre Notwendigkeit (Z. 2160ff.). Diese ist also in ihrem Konzept vorhanden, wird aber nicht automatisch aktiviert. Dass der Zeiger noch links von der Null steht, reicht in dieser Situation nicht aus, um das Konzept zu aktivieren, dass die Waage sich zum Beginn der Wägung in Nullstellung befinden muss.

Thorsten zieht im **ersten** Interview die gleiche Schlussfolgerung wie Johanna beim Einsatz der analogen Küchenwaage, wie das folgende Beispiel belegt:

- Thorsten (Int. 1.2, 04:21-04:33)
- 2166 T: *Wenn man da jetzt das draufstellt* (stellt die Klebstoff-Flasche auf die Waagschale der analogen Küchenwaage), *dann zeigt die an, wie viel der wiegt.*
- 2167 I: *Und was zeigt sie jetzt gerade an?*
- 2168 T: (...) *Sieht man gar nicht.*
- 2169 I: *Woran kann denn das liegen, dass man das nicht sieht?*
- 2170 T: *Dass das viel zu leicht ist.*

Im zweiten Interview wissen sowohl Johanna als auch Thorsten, dass es die Tara-Funktion gibt:

- |  |   |
|--|---|
| <p>Johanna (2.2, 02:08-02:18)</p> <p>2171 (Die analoge Küchenwaage steht vor Johanna auf dem Tisch.)</p> <p>2172 I: <i>Wieg doch mal aus, wie schwer diese Fruchtschnitt ist.</i></p> <p>2173 J: (zieht die Waage zu sich heran und bringt die Anzeige in Nullstellung.) <i>Da muss ich hier dran drehen.</i></p> <p>2174 I: <i>Warum musst du daran drehen?</i></p> <p>2175 J: <i>Weil sonst würde die gar nicht funktionieren.</i></p> | <p>Thorsten (Int. 2.2, 06:49-07:16)</p> <p>2176 I: <i>Dann guck doch mal, wie man mit der [analogen] Waage wiegt.</i></p> <p>2177 T: (betrachtet die Skala) <i>Eigentlich ist der Zeiger falsch eingestellt, der muss genau auf Null sein.</i></p> <p>2178 I: <i>Warum muss der denn auf Null sein?</i></p> <p>2179 T: <i>Weil das kann dann sein, dass das nicht</i> (legt die Fruchtschnitte zur Demonstration auf die Waagschale). <i>Der zeigt das gar nicht richtig an</i> (zeigt auf die Skala). (...) (dreht die Skala in Nullstellung).</p> |
|--|---|

Beide wissen zwar, dass der Zeiger auf Null stehen muss (Z. 2173, 2177), können den Grund aber nicht verbalisieren. Johanna schließt sogar aus, dass die Waage andernfalls funktioniert (Z. 2175).

Johanna macht auch im **dritten** Interview deutlich, dass die Waage zum Beginn der Wägung „richtig eingestellt“ (Z. 2181) sein muss:

- Johanna (Int. 3.2, 07:16-08:29)
- 2180 I: *Wieg doch mal mit dieser Waage den Marsriegel aus.*
- 2181 J: *Ist die denn richtig eingestellt oder nicht?*
- 2182 I: *Was heißt denn richtig eingestellt?*
- 2183 J: *Ja richtig eingestellt, damit die das richtige anzeigt.*
- 2184 I: *Das musst du gucken.*
- 2185 J: *Ich glaub schon* (legt den Marsriegel auf die Waagschale). *Eh, die zeigt ja nichts an.* (...) *Muss man da drücken? Ich probier's mal aus* (drückt kräftig auf die Waagschale). *Eh, die ist so nicht richtig eingestellt* (dreht die Waage in Nullstellung).
- 2186 I: *Was heißt denn 'nicht richtig eingestellt'? Wie muss die denn eingestellt sein?*
- 2187 J: *Auf Null. Genau auf Null gestellt sein.*
- 2188 I: *Warum muss die genau auf Null gestellt sein?*

- 2189 J: *Weil die sonst nicht das richtige anzeigt.*  
 2190 I: *Warum denn nicht?*  
 2191 J: *Weil ehm. (...) Ehm. Wie soll ich das erklären? (...) Weil ehm, wenn man die nicht richtig einstellt, dann zeigt die einfach nichts an.*

Johanna äußert zwar direkt, dass die Waage richtig eingestellt sein muss (Z. 2181ff.), schließt aber aus der Tatsache, dass der Zeiger nicht sichtbar ist, nicht, dass sie die Tara-Funktion nutzen müsste. Als der Zeiger auch nicht sichtbar wird, als sie den Marsriegel auf die Waagschale gelegt hat (Z. 2185), probiert sie durch Druck auf die Waagschale aus, was bei einem größeren Gewicht passiere (ebd.). Jetzt erkennt sie die fehlende Nullstellung und nutzt die Tara-Funktion. Aus der Tatsache, dass keine Gewichtsangabe ablesbar ist, schließt sie jedoch nicht wie im ersten Interview, dass der Marsriegel zu leicht ist, sondern folgerichtig, dass sie die Tara-Funktion nutzen muss, um die Waage in Nullstellung zu bringen. Hier zeigt sich, dass sie innerhalb des von ihr aktivierten Konzepts nicht mehr auf ein zu geringes Gewicht schließt, sondern automatisch die fehlende Nullstellung zu Beginn des Wägevorgangs erkennt, was darauf schließen lässt, dass sich dieses Konzept im Vergleich zum ersten Interview erfolgreich umstrukturiert hat.

Eine fast identische Situation findet sich bei Thorsten im **dritten** Interview:

- Thorsten (Int. 3.2, 04:12-04:45)  
 2192 I: *Dann wieg doch mal mit der [analogen] Küchenwaage den Marsriegel aus.*  
 2193 T: (legt den Marsriegel auf die Waagschale, guckt irritiert) *Geht ja gar nicht.* (drückt auf die Waagschale) *Ach so.* (dreht die Anzeige auf Null).  
 2194 I: *Du hast 'Ach so' gesagt. Was ist?*  
 2195 T: *Der Zeiger war weg. Der wollte nicht raus kommen.*  
 2196 I: *Was machst du jetzt?*  
 2197 T: *Ich verdreh das, damit der Zeiger auf der Null steht.*  
 2198 I: *Warum muss der denn auf der Null stehen?*  
 2199 T: *Weil sonst würd der ja von hinten kommen und auf die Null zeigen, dann würd der ja nichts wiegen.*

Thorsten beginnt im Gegensatz zu Johanna unmittelbar mit der Wägung (Z. 2193) (Johanna hat vorher bereits geäußert, dass die Waage „*richtig eingestellt*“ sein muss). Wie Johanna schließt er aus der nicht ablesbaren Gewichtsangabe nicht auf ein zu geringes Gewicht, sondern erkennt, dass die Waage sich nicht in Nullstellung befindet und nutzt die Tara-Funktion (Z. 2197).

Während Johanna und Thorsten im **dritten** Interview nicht mehr den Schluss ziehen, dass eine nicht ablesbare Gewichtsangabe bedeutet, dass der Gegenstand zu leicht ist, zeigt Martin dieses Konzept auch hier, wie das folgende Beispiel belegt:

- Martin (Int. 3.2, 03:23-03:43)  
 2200 M: (legt den Marsriegel auf die Waagschale der analogen Küchenwaage und drückt zusätzlich noch auf die Waagschale) *Wiegts nichts. Und da drauf geht's nicht.*  
 2201 I: *Warum geht das darauf nicht?*  
 2202 M: *Mm, weil der dafür, glaub ich, zu leicht ist. Und ehm, wenn man da mehr drauf drücken muss, dann kommt der erst da hinten* (während er dies sagt, drückt er zur Veranschaulichung auf die Waagschale, um die Zeigerbewegung zu demonstrieren, dann legt er noch einmal den Marsriegel auf die Waagschale) *und da kommt er noch nicht. (...) Da muss schon was schwereres drauf.*

Martin erkennt nicht, dass er die analoge Küchenwaage durch die Tara-Funktion erst in Nullstellung bringen muss, bevor er eine Wägung erfolgreich durchführen kann. Er schließt, dass der Marsriegel zu leicht ist, um mit der analogen Küchenwaage ausgewogen zu werden (Z. 2202). was er damit erklärt, dass die Waage erst bei schwereren Gegenständen ein Gewicht anzeigen könne (ebd.). Dies entspricht dem Verhalten von Johanna und Thorsten aus dem ersten Interview.

### **Zusammenfassung**

Sowohl Johanna als auch Thorsten haben ihr im ersten Interview aktiviertes Konzept um die Tara-Funktion erweitert: Während beide im ersten Interview aus der Tatsache, dass keine Gewichtsangabe ablesbar war, schlossen, dass der Gegenstand zu leicht für eine Gewichtsbestimmung mit der analogen Küchenwaage sei, sind sie im dritten Interview in der Lage, die nicht ablesbare Gewichtsangabe mit der fehlenden Nullstellung zu begründen. Im zweiten Interview nutzen sie die Tara-Funktion unmittelbar, was darauf hin deutet, dass sie in den Einsatz der Tara-Funktion in ihr Konzept integriert haben. Diese Konzepterweiterung bestätigt sich im dritten Interview, jedoch wird das Konzept erst durch eine nicht ablesbare Gewichtsangabe aktiviert. Dies zeigt, dass sich das Konzept mit dem Einsatz der Tara-Funktion noch nicht ausreichend etabliert hat, da die spontane Verwendung der Tara-Funktion noch keine Selbstverständlichkeit darstellt. Johanna äußert zwar zu Beginn der Situation die Notwendigkeit der richtigen Einstellung, ist aber zunächst nicht in der Lage, die Waagenanzeige diesbezüglich richtig zu interpretieren. Um das Konzept erfolgreich zu aktivieren, ist bei beiden erst eine fehlgeschlagene Wägung erforderlich.

Dass nicht alle Kinder die Tara-Funktion und ihre Notwendigkeit in ihr Konzept der analogen Küchenwaage integriert haben, zeigt das Beispiel von Martin. Er schließt (im dritten Interview) aus der nicht ablesbaren Gewichtsangabe auf ein zu geringes Gewicht. Martin aktiviert demnach ein Konzept, das dem von Johanna und Thorsten zum Zeitpunkt des ersten Interviews entspricht.

Die Erweiterung der Konzepte um die Tara-Funktion lässt sich vermutlich auf den unterrichtlichen Einfluss zurückführen, da sich im zweiten Interview (im Anschluss an die Unterrichtseinheit) zeigt, dass deutlich mehr Kinder die Tara-Funktion nutzen als noch im ersten Interview. Zum einen zeigt sich aber, dass mit größerem Abstand zur Unterrichtseinheit das Bewusstsein für die Tara-Funktion nachlässt, zum anderen scheint es weiterhin Kinder zu geben (s. Martin), bei denen die Tara-Funktion noch nicht im Konzept integriert ist.



## **D Gesamtzusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse**

### **1 Vorbemerkungen**

Ziel der Arbeit war es, ein Modell für ein Gewichtskonzept zu entwickeln, das dazu genutzt werden kann, um individuelle Gewichtskonzepte beschreiben zu können. Auf der Grundlage dieses Modells wurden Gewichtskonzepte von Drittklässlern über einen Zeitraum von einem halben Jahr analysiert. Zu diesem Zweck wurden im ersten Teil der Arbeit zwei ausgewählte Theorien vorgestellt, mit deren Hilfe sich Wissen, Vorstellungen und Fertigkeiten und ihre Entwicklung beschreiben lassen: die Theorie des Konzeptwechsels und das Modell der Subjektiven Erfahrungsbereiche (s. Kap. A 1.2 und A 1.3). Ausgangspunkt dieser Theorien ist ein konstruktivistisches Leitbild, das die Subjektivität des Wissensaufbaus betont. Bei der Theorie des Konzeptwechsels wurde – entgegen der Bezeichnung – herausgestellt, dass sich der Wissensaufbau entsprechend der von DUIT (1997) und MÖLLER (1997) favorisierten Variante in Form von Konzepterweiterung und -umstrukturierung vollzieht und nicht in Form eines harten Wechsels in ein neues Konzept. Die Theorie der Subjektiven Erfahrungsbereiche (BAUERSFELD 1983) betont insbesondere die Situationsbezogenheit einzelner Konzepte.

Um die Konzepte der Kinder beschreiben zu können, wurde ein System an Teilkonzepten zur Größe Gewicht entwickelt: ein Modell eines Gewichtskonzepts. Die Teilkonzepte gliedern das Gesamtkonstrukt in die Komponenten Wissen, Vorstellungen und Fertigkeiten zu verschiedenen Bereichen auf (s. Kap. B 2). Die Entwicklung erfolgte vor dem Hintergrund lerntheoretischer, mathematisch-physikalischer und didaktischer Grundlagen sowie Ergebnissen aus bereits vorliegenden Untersuchungen zu kindlichen Vorstellungen und Wissen zur Größe Gewicht, die im ersten Teil der Arbeit dargelegt wurden. Die daraufhin identifizierten Teilkonzepte bildeten den Ausgangspunkt für die Konzeption von Interviewaufgaben, die im Rahmen einer Studie eingesetzt wurden.

Für die Auswertung wurden zwei Kinder ausgewählt, deren Konzepte zur Größe Gewicht in Form von Einzelfallstudien analysiert wurden. Die Ergebnisse der beiden Einzelfallstudien wurden durch einzelne Beispiele anderer Kinder ergänzt, um die Band-

breite auftretender Konzepte zu illustrieren. Dabei haben sich sowohl in den beiden Einzelfallstudien als auch in den ergänzenden Analysen vielseitige und sehr unterschiedlich differenzierte Konzepte in Bezug auf die Größe Gewicht gezeigt.

Die Beschreibung der beobachteten Teilkonzepte zeigt die Heterogenität des Wissens der Kinder auf. Dabei lässt sich feststellen, dass es zum Zeitpunkt des ersten Interviews Kinder gibt, die bereits über ein sehr ausgebautes Konzept aufgrund vielseitiger Vorerfahrungen verfügen. Bei diesen Kindern (zu denen Anja gehört, s. Kap. C 2) ist in den Folgeinterviews fast keine Entwicklung feststellbar. Dies ist nicht überraschend, weil bei viel Vorwissen weniger Entwicklungspotenzial vorhanden ist. Außerdem war der Inhalt der unterrichtlichen Behandlung schon Teil der Konzepte und bot deswegen kaum Anregung zur Weiterentwicklung.

Die weniger ausgebauten Konzepte anderer Kinder zeigen insbesondere bezüglich der Teilkonzepte *Einheiten*, *Stützpunktwissen*, *Waagen* sowie *Wiegen* Entwicklung auf. Dabei sind direkt nach der Unterrichtseinheit sowohl Konzepterweiterungen als auch Neubildungen feststellbar. Zum Zeitpunkt des dritten Interviews sind diese Umstrukturierungen bei einigen Kindern stabilisiert oder sogar weitergeführt. Zum Teil zeigt sich jedoch auch, dass die Erweiterung oder Neubildung wieder in den Hintergrund gerückt ist und ein vermehrter Rückgriff auf vorherige Konzepte erfolgt: die Veränderungen haben sich nicht etabliert.

Im Folgenden wird ein zusammenfassender Überblick der einzelnen Teilkonzepte der Kinder gegeben. Sofern möglich, erfolgt ein Bezug zu den Ergebnissen der eingangs dargestellten Studien (s. Kap. A 4). Abschließend werden Schlussfolgerungen gezogen, die aus den Ergebnissen resultieren.

## 2 Zusammenfassende Darstellung kindlicher Konzepte

### 2.1 Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“

#### 2.1.1 Konzept: Gewichtsvergleich

Es finden sich bei den Kindern verschiedene Vorgehensweisen für den Gewichtsvergleich von Gegenständen. Das betrifft zum einen Unterschiede zwischen den Vorgehensweisen verschiedener Kinder – im selben Kontext verhalten sich verschiedene Kinder unterschiedlich. Zum anderen betrifft es die Kinder individuell – ein Kind aktiviert kontextabhängig unterschiedliche Konzepte. So verhalten sich die Kinder beim Gewichtsvergleich unterschiedlich abhängig davon, ob es sich um

1. verpackte Gegenstände handelt, oder ob sie
2. unterschiedliche Dichte oder

3. gleiche Dichte voraussetzen.

### ***Gewichtvergleich von verpackten, unterschiedlich großen Gegenständen:***

Hier sind drei verschiedene Konzepte zu beobachten:

1. Das Kind entscheidet sich ohne einen manuellen Vergleich für den größeren Gegenstand. In diesem Fall führt es seine Entscheidung auf den Volumenunterschied zurück. Grundlage ist die Vorstellung, dass der größere Gegenstand stets der schwerere ist.
2. Das Kind führt einen manuellen Vergleich durch. In dem Fall, dass der kleinere Gegenstand schwerer ist, gibt es Kinder, deren Erwartung dies widerspricht, da sie davon ausgehen, dass der größere Gegenstand der schwerere sei; entsprechend zeigt sich eine Verunsicherung bezüglich des Ergebnisses des manuellen Vergleichs. Bei diesen Kindern zeigt sich ein Konzeptkonflikt: Einerseits wissen sie, dass ein manueller Vergleich erforderlich ist, andererseits existiert noch das Konzept, das die Vorstellung beinhaltet, dass der größere Gegenstand schwerer ist. Diese beiden Konzepte kollidieren miteinander und führen zu einem Konflikt, so dass das Kind sich für eins der beiden Konzepte entscheiden muss. Andererseits gibt es Kinder, bei denen das Konzept, das die Vorstellung „größer=schwerer“ beinhaltet, nicht mehr aktiviert wird. Diese Kinder führen den manuellen Vergleich als ausschlaggebendes Kriterium durch.
3. Manche Kinder bilden über den Inhalt der Verpackung Hypothesen und erkennen dabei Materialdichte und -menge als ausschlaggebendes Kriterium. Da sie aber rein gedankliche Überlegungen ohne manuellen Vergleich und ohne realistische Stützpunktvorstellungen anstellen, fehlt ihren Entscheidungen die Grundlage.

### ***Gewichtvergleich von Gegenständen, bei denen das Kind von unterschiedlicher Dichte ausgeht***

Wenn ein Kind die unterschiedliche Dichte erkennt, bildet ein manueller Gewichtvergleich die Entscheidungsgrundlage. Nicht allen Kindern gelingt es dabei, die folgerichtigen Schlüsse aus dem Verhältnis von Größe und Dichte zu ziehen<sup>77</sup>. Insbesondere bei unbekannten Materialien fällt es den Kindern schwer, die Relationen von Volumen und Dichte beim Gewichtvergleich angemessen in Beziehung zu setzen. Dies zeigt sich darin, dass sie die umgekehrte Proportionalität nicht erkennen und deswegen z.B. bei gleichem Gewicht aus geringerer Dichte zunächst auch auf ein geringeres Volumen schließen. Bei bekannten Gegenständen lässt sich feststellen, dass die Gewichtsvorstel-

---

<sup>77</sup> Ein Körper mit geringerer Dichte muss größer sein als ein Körper mit höherer Dichte, wenn die beiden Körper gleich schwer sein sollen.

lungen des Kindes in einen mentalen Gewichtsvergleich – nicht immer erfolgreich – mit einbezogen werden.

### ***Gewichtsvergleich von Gegenständen, bei denen das Kind Dichtegleichheit voraussetzt oder den Einfluss der Dichte ignoriert***

Wenn ein Kind gleiche Dichte annimmt, entscheidet es sich ohne manuellen Vergleich für den – wenn vorhanden – größeren Gegenstand oder schließt von Volumengleichheit auf Gewichtsgleichheit.

Ein Sonderfall zeigte sich in Aufgabe 1.2. Hier sollten die Kinder das Gewicht einer Taschentuchpackung und einer Audiokassette vergleichen. Da die beiden Gegenstände annähernd gleich groß sind, läge bei einem visuellen Vergleich der Schluss auf Gewichtsgleichheit nahe. Zwei Kinder haben die Taschentuchpackung als Menge von Taschentüchern sowie die Kassette als einelementige Menge interpretiert und aus der größeren Anzahl der Taschentücher auf ein größeres Gewicht der Taschentuchpackung geschlossen. Hier wird also der Gewichtsvergleich auf einen (ebenfalls visuell wahrnehmbaren) Vergleich der Kardinalität zweier Mengen reduziert.

Entgegen den Ergebnissen von SMITH ET AL. (1985), dass auch die meisten jüngeren Kinder, wenn sie die Wahl haben, Gewichtsvergleiche durch Hochheben treffen wollen, decken sich meine Beobachten mit denen PIAGETS (1975), der eine Präferenz für den Rückschluss aus visuellen Eigenschaften wie der Größe feststellte. Die Kinder neigen insbesondere bei verpackten Gegenständen dazu, die Größe als ausschlaggebendes Kriterium für den Gewichtsvergleich anzunehmen und ignorieren den nicht sichtbaren Inhalt. Dieses Verständnis zeigt sich in den Begründungen der Kinder und führt dazu, dass sie einen manuellen Vergleich in der Regel nicht selbständig durchführen. Auch bei Kindern, die einen manuellen Vergleich für notwendig erachten, zeigt sich zum Teil eine Dominanz der wahrnehmbaren Eigenschaft Volumen auf die Entscheidung. Dieser Einfluss ist auch in der Verwechslung der Wörter „größer“ und „schwerer“ erkennbar. Die enge Kopplung von Volumen und Gewicht führt teilweise dazu, dass beim manuellen Vergleich die taktile Wahrnehmung von der visuellen überlagert wird.

Bei allen Kindern gab es Situationen, in denen sich zeigte, dass sie die Dichte als eigenständige Eigenschaft wahrnahmen, wobei ihr Dichtekonzept nicht immer aktiviert werden konnte. Dies entspricht den Ergebnissen von SMITH ET AL. (vgl. Kap. A 4.2), die davon ausgehen, dass sich im Alter von acht bis neun Jahren ein Dichtekonzept entwickelt. Die Kinder sprechen in diesem Zusammenhang davon, dass das eine Material „schwerer“ oder „leichter“ sei als ein anderes.

### **2.1.2 Konzept: Invarianz**

Fast zwei Drittel (9 von 15) der an der Untersuchung beteiligten Kinder verfügen zum Beginn des dritten Schuljahres über ein sicheres Invarianzkonzept, bei dem sowohl das

Erkennen der Identität als auch der Kompensation ersichtlich ist. Die Kinder beziehen sich zumeist auf die Identität; kein Kind begründete die Invarianz über die Reversibilität.

Bei drei Kindern zeigt sich, dass das Erkennen der Invarianz noch instabil ist. Diese Kinder schwanken in ihrer Argumentation oftmals zwischen dem Erkennen der Invarianz und der Aktivierung anderer Konzepte. Dabei zeigt sich, dass die meisten Kinder die Gewichtsgleichheit bei der Verformung und Zerteilung über die Identität begründen. In den Fällen, in denen sie die Gleichheit nicht erkennen, zeigt ihre Argumentation, dass die Kompensation (größere Anzahl, dafür kleiner; flacher, dafür größere Grundfläche) nicht erkannt wird. Drei weitere Kinder hatten nahezu kein Verständnis von Invarianz.

Über den Interviewzeitraum ist bei allen Kindern keine deutliche Entwicklung erkennbar. Zum Zeitpunkt des dritten Interviews erkennen nicht mehr Kinder die Invarianz als zum Zeitpunkt des ersten Interviews. Bei den Kindern, bei denen sich bereits im ersten Interview ein sicheres Invarianzkonzept zeigte, bestätigt sich dieses Konzept weiter. Bei den drei Kindern, die im ersten Interview über kein Invarianzkonzept verfügten, war dieses Konzept auch im dritten Interview nicht vorhanden.

Diese Ergebnisse legen insgesamt nahe, dass sich das Invarianzverständnis für Gewicht früher entwickelt, als PIAGET postuliert, der davon ausgeht, dass dies erst im Alter zwischen zehn und zwölf Jahren erfolgt. Die Kinder meiner Untersuchung waren fast alle jünger als zehn Jahre. Trotzdem erkannte der größere Teil der Kinder die Invarianz problemlos. Die Kinder, denen das Erkennen der Invarianz noch schwer fiel, befanden sich nach PIAGET in dem Stadium, in dem sie in ihrer Entscheidung während des Begründungsprozesses hin- und her schwanken („Stadium II B“; vgl. Kap. A 4.1). Dies zeigte sich in der vorliegenden Untersuchung in der Spannung zwischen dem Erkennen der Identität und dem Nichterkennen der Kompensation. Aus meinen Ergebnissen lässt sich schließen, dass im Rahmen von Unterricht in Hinblick auf die Invarianz des Gewichts mehr vorausgesetzt werden kann, als PIAGET annahm. Allerdings zeigen die Ergebnisse auch auf, dass die Spannbreite des Wissens dadurch größer ist: Es finden sich alle drei möglichen Stadien; der Lehrer muss dies in seinem Unterricht berücksichtigen.

### 2.1.3 Konzept: Transitivität

Alle Kinder verfügen zum Zeitpunkt des ersten Interviews über ein ausgebautes Transitivitätskonzept, so dass sie in der Lage sind, drei Gegenstände auf der Grundlage zweier vorgegebener Vergleiche richtig nach dem Gewicht zu sortieren. In den meisten Fällen wenden die Kinder zum Zeitpunkt des ersten und zweiten Interviews die Transitivitätsregel an, können sie aber noch nicht verbalisieren. Zum Zeitpunkt des dritten Interviews können viele die Transitivität verbalisieren. Um die Ergebnisse diesbezüglich mit PIAGETS Ergebnissen vergleichen zu können, wäre es nötig gewesen, weitergehende Aufgaben einzusetzen, in denen die Transitivität nicht anwendbar ist. Dann wäre feststellbar

gewesen, ob ein Kind sicher erkennt, in welchen Situationen die Transitivität anwendbar ist.

## **2.2 Konzepte zum Bereich „mit Gewichten rechnen“**

### **2.2.1 Konzept: Einheiten**

Es gibt Kinder, die bereits zum Zeitpunkt des ersten Interviews über ein profundes Wissen bezüglich der Einheiten verfügen – also viel Vorwissen in den Unterricht mitbringen –, während andere Kinder mit den Begriffen Gramm und Kilogramm nahezu keine Vorstellungen verbinden.

Erstere Kinder wissen,

- dass die Einheiten in Beziehung zueinander stehen,
- dass ein Kilogramm tausend Gramm entspricht,
- dass eine Gewichtsangabe aus Maßzahl und Einheit besteht sowie
- welche Einheit bei einem vorliegenden Gegenstand und einer vorgegebenen Maßzahl die Gewichtsangabe sinnvoll ergänzt.

Letztere Kinder wissen zwar, dass es die Einheiten Gramm und Kilogramm gibt, aber sie

- verwenden die Einheiten willkürlich oder
- vertauschen die Einheiten konsequent,
- kennen das Umrechnungsverhältnis von Gramm zu Kilogramm nicht und
- kennen die bedeutungstragende Komponente der Einheit bei einer Maßzahlangebe nicht,

Eines der Kinder fasst im ersten und zweiten Interview die umgangssprachliche Kurzform „Kilo“ als eigenständige Einheit auf. Im dritten Interview hat dieses Kind sein Konzept angepasst und weiß nun, dass Kilo und Kilogramm Bezeichnungen für dieselbe Einheit sind. Möglich ist, dass es sich hierbei um eine ad-hoc-Konstruktion handelt, die aus der Situation entstanden ist.

Im zweiten Interview zeigt sich, dass die Kinder ihr Konzept ausgebaut haben. Alle verfügen nun über ein Konzept, demzufolge

- ein Kilogramm schwerer ist als ein Gramm und
- ein Kilogramm tausend Gramm entspricht.

Oft handelt es sich bei der Angabe des Verhältnisses 1:1000 um das Abrufen reinen Wissens, das nicht mit weiteren Vorstellungen verknüpft ist. Die Kinder haben keine Vor-

stellung davon, wie „leicht“ ein Gramm im Verhältnis zu einem Kilogramm ist; sie wissen nicht, was das Verhältnis 1:1000 bedeutet.

Diese aufgeführte Konzepterweiterung bestätigt sich im dritten Interview. Man kann davon ausgehen, dass die unterrichtliche Behandlung zu einer dauerhaften Konzepterweiterung geführt hat. Dies zeigt, dass die Vermittlung des Unterrichts in Bezug auf das Wissen über Einheiten erfolgreich war. Problematisch scheint die fehlende Vorstellung über das Verhältnis von einem Gramm zu einem Kilogramm u.a. in Schätz- und Wägesituationen, was sich daran zeigt, dass die Kinder nicht erkennen, dass die eine Einheit unplausibel ist.

### **2.2.2 Konzept: Umgang mit Maßangaben**

Ein erfolgreicher Umgang mit Maßangaben zeigt sich insbesondere bei den Kindern, die auch im arithmetischen Bereich ein gutes Zahlenverständnis zeigen. Die bei den anderen Kindern auftretenden Schwierigkeiten lassen sich dementsprechend auf allgemeine Schwierigkeiten im Umgang mit Zahlen zurückführen. Die Situationen, in denen die Kinder im Rahmen des Interviews rechnen mussten, waren auf der Grundlage arithmetischer Kenntnisse lösbar. Aufgaben, bei denen das Umrechnen von einer Einheit in die andere erforderlich gewesen wäre, waren kein Bestandteil der Untersuchung. Hier hatte insbesondere EMMRICH (2004) auf Fehlerquellen hingewiesen (vgl. Kap. A 4.7).

Die Kinder, die insgesamt über ein wenig ausgebautes Gewichtskonzept verfügen, haben Schwierigkeiten damit, in einer Situation zum Rechnen die Maßangaben angemessen in Beziehung zueinander zu setzen. Diese Schwierigkeiten nahmen im Laufe der Interviews ab. Diese Entwicklung ist vermutlich zum einen darauf zurückzuführen, dass die Kinder zum Zeitpunkt des dritten Interviews bereits auf mehr Erfahrung beim Rechnen im Zahlraum bis tausend zurückgreifen können und zum anderen im Kontext Gewichte an Sicherheit gewonnen haben.

## **2.3 Konzepte zum Bereich „Gewichte bestimmen“**

### **2.3.1 Konzept: Wiegen als Vergleichsvorgang**

Im ersten Interview zeigt gut die Hälfte der Kinder, dass sie den Vorgang des Auswiegens als Vergleich verstanden haben. Die fehlende Vorstellung der anderen Kinder zeigt sich insbesondere daran, dass die entsprechenden Kinder nicht wissen, wie man mit Hilfe der Tafelwaage das Gewicht eines Gegenstandes bestimmt. Sie können die Tafelwaage zwar für den direkten Gewichtsvergleich einsetzen, ihnen fehlt aber die Vorstellung davon, dass auch Auswiegen ein Vergleichen ist. Auffällig ist, dass genau diese Kinder die Gewichtsangaben verschiedener Waagen für den gleichen Gegenstand oftmals isoliert nebeneinander stehen lassen.

Im zweiten Interview sind alle Kinder in der Lage, mit Hilfe der Tafelwaage eine Gewichtsbestimmung durchzuführen, was mit großer Wahrscheinlichkeit auf den unterrichtlichen Einfluss zurückzuführen ist. Aber auch zu diesem Zeitpunkt gibt es noch Kinder, die unterschiedliche Gewichtsangaben für den gleichen Gegenstand nicht aufeinander beziehen.

Zum Zeitpunkt des dritten Interviews beziehen die meisten Kinder bei der Gewichtsbestimmung der Tafelwaage das ihnen aus vorangegangenen Wägungen bekannte Gewicht des auszuwiegenden Gegenstandes mit, um ein Gleichgewicht mit der Tafelwaage herzustellen. Dies deutet darauf hin, dass sie ein Konzept aufgebaut haben, in dem *Wiegen als Vergleichsvorgang* verstanden wird.

### 2.3.2 Konzept: Waagen

Zum Zeitpunkt des ersten Interviews kennen alle Kinder die Personenwaage und die analoge oder die digitale Küchenwaage. Einige Kinder kennen auch die Tafelwaage, dabei gibt ein Kind an, dass es den Einsatz der Tafelwaage vom Markt kennt.

Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview kennen alle Kinder alle vorliegenden Waagen: Personenwaage, Briefwaage, analoge sowie digitale Küchenwaage und Tafelwaage, so dass man diesbezüglich eine Entwicklung im Sinne einer Erweiterung feststellen kann. Es lässt sich nicht sagen, inwieweit dies auf die unterrichtliche Thematisierung oder auf den Einfluss der Interviews zurückzuführen ist.

Die meisten Kinder haben ein Bewusstsein dafür, dass jede Waage nur für Gegenstände bestimmter Gewichtsklassen geeignet ist und entsprechend das Gewicht anderer Gegenstände aufgrund zu grober bzw. fehlender Reichweite der Skala nicht (zuverlässig) anzeigen kann; vielen fällt es allerdings schwer, dies zu verbalisieren. Einige Kinder schließen aus dem Namen der Waage auf funktionelle Einschränkungen bei Gegenständen aus anderen Bereichen, die sich in Ungenauigkeit äußerten. Die dadurch entstehenden Unterschiede in den Gewichtsangaben für ein und denselben Gegenstand führen sie darauf zurück. Dabei erläutern sie nicht, woher die Waage „wissen“ kann, aus welchem Bereich der auszuwiegende Gegenstand ist.

Auffallend ist, dass die meisten Kinder der digitalen Küchenwaage am meisten vertrauen. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass die Angabe einer konkreten Zahl bei der digitalen Waage als genauer empfunden wird, während die Zeigeranzeige auf einer analogen Waagenskala interpretiert werden muss und dabei ein Spielraum bleibt, der bei der digitalen Küchenwaage entfällt.

### 2.3.3 Konzept: Wiegen

Beim Auswiegen mit den verschiedenen Waagen zeigt sich, dass die Kinder auf unterschiedliche Erfahrungen im Umgang mit Waagen zurückgreifen können.



Zum Zeitpunkt des ersten Interviews gibt es Kinder, die mit allen Waagen – auch bis dahin unbekannten – das Gewicht eines Gegenstandes bestimmen können. Diese Kinder

- sind in der Lage, sich die Funktionsweise unbekannter Waagen zu erarbeiten,
- können die Skala verstehen und richtig interpretieren,
- kennen die Tara-Funktion und nutzen sie,
- wissen, welches die richtige Einheit zur abgelesenen Maßzahl ist.

Daneben gibt es Kinder, die bei jeder Waage auf verschiedene Schwierigkeiten beim Ablesen der Gewichtsangabe stoßen. Diese Kinder

- interpretieren die Schrittweite der Waagenskala falsch,
- wissen nicht, dass und wie die digitale Küchenwaage eingeschaltet wird (aus der Tatsache, dass die Waage nichts anzeigt, wird oft geschlossen, dass der auszuwiegende Gegenstand zu leicht für eine Gewichtsbestimmung mit dieser Waage ist),
- kennen die Tara-Funktion nicht,
- wissen nicht, welches die richtige Einheit ist,
- wissen nicht, wie man mit der Tafelwaage eine Gewichtsbestimmung durchführt.

Auch PETERSEN (1987) hat festgestellt, dass Kindern die Vertrautheit im Umgang mit der Tafelwaage fehlt (vgl. Kap. A 4.4). Dies ist nicht überraschend, spiegelt es doch ein verändertes Lebensumfeld wider: Die Tafelwaage wird in kaum einem Alltagskontext mehr eingesetzt.

Sowohl im zweiten als auch im dritten Interview zeigt sich, dass die Kinder ihre Konzepte zum Umgang mit Waagen erweitert haben. So nehmen die Unsicherheiten bezüglich der Einheiten ab (vgl. Konzept *Einheiten*), und alle Kinder sind im zweiten Interview in der Lage, mit der Tafelwaage ein Gewicht zu bestimmen. Die meisten Kinder wissen in der Regel auch, dass sich die Waage zu Beginn einer Wägung in Nullstellung befinden muss; einige Kinder wissen sogar, dass sie bei jedem Punkt innerhalb der Skala mit dem Auswiegen beginnen können. Dies entspricht der Einsicht, dass jeder Punkt auf der Messskala als Beginn einer Messung genutzt werden kann. Hierbei handelt es sich um eine der Voraussetzungen, die CLEMENTS und SARAMA (2007, 519) für erfolgreiches Messen formulieren.

Auch im dritten Interview gibt es jedoch Kinder, die Probleme bei der Interpretation der verschiedenen Skalen haben. Diese sind auf allgemeine Schwierigkeiten im Umgang mit Zahlen zurückzuführen, da die Interpretation einer Skala der eines Zahlenstrahls entspricht und losgelöst vom Maßzahlkontext ist.

Es fällt auf, dass einige Kinder auch noch im dritten Interview die Gewichtsangaben verschiedener Waagen für den gleichen Gegenstand als isolierte Ergebnisse nebeneinander stehen lassen. So ignorieren diese Kinder sogar stark differierende Angaben. Einige Kinder führen differierende Angaben auf einen Fehler in der Waagenfunktion zurück und ziehen nicht in Betracht, dass es sich z.B. um eine Fehlinterpretation der Skala handelt.

## **2.4 Konzepte zum Bereich „Gewichte schätzen“**

### **2.4.1 Konzept: Stützpunktwissen**

Die meisten Kinder verfügen zum Zeitpunkt des ersten Interviews über kein Stützpunktwissen. Einige wenige Kinder nennen Beispiele aus dem Bereich Ernährung (Nudeln: 500g, Zucker- oder Mehlpackung: 1kg).

Im zweiten und dritten Interview nennen die meisten Kinder eine Mehl- oder Zuckerpackung als Stützpunktbeispiel für ein Kilogramm, was auf den Unterricht zurückzuführen ist. Das Wissen ist auch zunehmend in Schätzsituationen abrufbar, was zeigt, dass die Vernetzung des Wissens zunimmt und es dadurch zunehmend angewandt werden kann. Der Rückbezug auf den Unterricht wird in diesem Konzept durch die Gleichheit der genannten Beispiele deutlich. Dies deutet darauf hin, dass die Wissensvermittlung im Rahmen des Unterrichts einen hohen Stellenwert hatte.

### **2.4.2 Konzept: Schätzen**

Beim Schätzen zeigt sich, dass es Kinder gibt, die selbständig eine manuelle Gewichtskontrolle der Gegenstände durchführen. Einige Kinder vergleichen vorliegende Gegenstände paarweise manuell miteinander, um ihre Schätzung an dem gefühlten Gewichtsunterschied zu orientieren. Dabei fällt zweierlei auf: Zum einen hilft einigen dieser Kinder die manuelle Gewichtskontrolle nicht weiter, weil ihnen Stützpunktvorstellungen fehlen, mit denen sie das gefühlte Gewicht abgleichen können. Zum anderen stimmen die Ergebnisse der manuellen Gewichtsvergleiche nicht immer, so dass eine Orientierung hieran eine schlechte Basis für das Schätzen bildet.

Daneben finden sich Kinder, die versuchen, mentale Vergleiche mit Stützpunktvorstellungen durchzuführen. Hierbei handelt es sich zu einem geringen Anteil um Stützpunktvorstellungen, über die die Kinder bereits vor dem Interview verfügt haben, überwiegend aber um Stützpunktvorstellungen, die spontan während des Interviews aufgebaut wurden.

Die Qualität der Schätzergebnisse wurde nicht beurteilt, da es keine wissenschaftlichen Standards gibt, die angelegt werden könnten, um die Schätzungen zu bewerten (vgl. hierzu Ausführungen zum Konzept Schätzen in Kap. B 2).

Es hat sich gezeigt, dass insbesondere das Konzept *Stützpunktvorstellungen* eine elementare Voraussetzung für das Konzept *Schätzen* darstellt, um eine Gewichtsangabe machen zu können. Wenn Kindern die Vorstellungen zu Gewichten fehlen, haben sie keine Möglichkeit, das gefühlte Gewicht abzugleichen.

### 2.4.3 Konzept: Stützpunktvorstellungen

Es ist nötig, über Stützpunktwissen und damit verbundenen taktile Sinneserfahrungen Stützpunktvorstellungen aufzubauen, um Schätzungen abgeben zu können, die dem wahren Gewicht nahe kommen. Viele Kinder haben einzelnes Stützpunktwissen, bei dem es sich jedoch um rein theoretisches Wissen handelt, das nicht mit einer Vorstellung über das wahrnehmbare Gewicht verknüpft ist. Im Schätzprozess hilft es ihnen nicht, dass sie wissen, dass eine Packung Mehl ein Kilogramm wiegt. Die meisten Kinder verfügen deswegen zu keinem der drei Interviewzeitpunkte über Stützpunktvorstellungen.

Einige Kinder beziehen beim Schätzen die Gewichte vorliegender Gegenstände aufeinander, indem sie sie mental oder manuell miteinander vergleichen. Das mentale Vergleichen deutet auf den spontanen Aufbau einer Stützpunktvorstellung während des Interviews hin. Hier zeigt sich, dass der dem Schätzen zugrunde liegende Vergleichsvorgang als Konzept vorhanden ist.

Beim Konzept *Stützpunktvorstellungen* handelt es sich um ein Konzept, das sich offenbar erst mit wachsendem Umgang mit Gewichten dauerhaft innerhalb des Gewichtskonzepts aufbaut, weil dafür Stützpunktwissen mit erfahrenem wahrgenommenen Gewicht vernetzt werden muss, um sich zu Vorstellungen entwickeln zu können, auf die man zurückgreifen kann.

## 3 Konzeptwechsel und Subjektive Erfahrungsbereiche

Die lerntheoretische Grundlage für die Interpretation der Interviews bildeten die Theorie zum Konzeptwechsel sowie das Modell der Subjektiven Erfahrungsbereiche. Dabei wurde zum einen die Möglichkeit genutzt, mit Hilfe dieser Theorien das Wissen und die Vorstellungen in Form von Konzepten zu beschreiben (s.o.). Zum anderen eignen sich diese Theorien, um die Lernentwicklung aufzuzeigen. In den beiden folgenden Abschnitten finden sich Beispiele für das Lernen im Sinne der Konzeptwechseltheorie sowie Beispiele für Subjektive Erfahrungsbereiche.

### 3.1 Konzeptwechsel

Die beschriebenen Teilkonzepte zeigen eine große Heterogenität im Wissen und in den Vorstellungen der Kinder zum Zeitpunkt des ersten Interviews auf. Dabei lässt sich feststellen, dass bei den Kindern, die bereits zum Zeitpunkt des ersten Interviews über ein

sehr ausgebautes Konzept aufgrund vielseitiger Vorerfahrungen verfügen, in den Folgeinterviews weniger Entwicklung der Konzepte feststellbar ist als bei den Kindern, deren Gewichtskonzept noch nicht so ausgebaut war. Dies ist nicht überraschend, weil bei viel Vorwissen weniger Entwicklungspotenzial vorhanden ist. Außerdem war der Inhalt der unterrichtlichen Behandlung schon Teil der Konzepte und bot deswegen kaum Anregung zur Weiterentwicklung. Ein solcher Fall findet sich z.B. bei Anjas Konzept von Einheiten. Anja verfügte bereits zum Zeitpunkt des ersten Interviews über ein profundes Wissen zu den Einheiten. Bei ihr ließ sich deswegen in den Folgeinterviews nur eine geringe Veränderung feststellen, die beinhaltete, dass sie das Verhältnis von einem Gramm zu einem Kilogramm präziser benennen konnte.

Die weniger ausgebauten Konzepte der anderen Kinder zeigen insbesondere bezüglich der Teilkonzepte *Einheiten*, *Stützpunktwissen*, *Waagen* und *Wiegen* Entwicklung in Form von Erweiterungen auf. Dabei sind direkt nach der Unterrichtseinheit sowohl Konzepterweiterungen als auch Neubildungen feststellbar. Zum Zeitpunkt des dritten Interviews sind diese Umstrukturierungen bei einigen Kindern stabilisiert oder sogar weitergeführt. Während z.B. Manuel im ersten Interview nahezu kein Wissen zu den Einheiten der Größe Gewicht hatte, zeigte sich bereits im zweiten Interview, dass er in diesem Bereich sein Wissen und seine Vorstellungen erweitert hat, wobei er weiterhin unsicher in der Verwendung der Einheiten Gramm und Kilogramm ist. Auch im dritten Interview zeigen sich hier immer noch Unsicherheiten. Aber ihm fallen falsch zugeordnete Einheiten zunehmend selbst auf, und er ist in der Lage, seine Angaben angemessen zu verändern. Außerdem verbalisiert er den Entscheidungskonflikt, was deutlich macht, dass er ein Bewusstsein dafür entwickelt, dass die Wahl der Einheit einen Unterschied bei der Gewichtsangabe macht.

Zum Teil zeigt sich jedoch auch, dass die Erweiterung bzw. Neubildung wieder in den Hintergrund gerückt ist und wieder ein vermehrter Rückgriff auf vorherige Konzepte erfolgt. Bei Manuel zeigt sich im ersten Interview, dass er die Bezeichnung für die Personenwaage nicht kennt. Nach der Unterrichtseinheit im zweiten Interview ist er in der Lage, den Namen der Waage abzurufen. Diese Aktivierung gelingt ihm im dritten Interview nicht. Hier bezeichnet er sie kreativ mit „Fußwaage“, weil ihm der richtige Name nicht einfällt.

Außerdem zeigt sich, dass Wissen, das im zweiten Interview zwar abrufbar ist, erst im dritten Interview mit vorherigem Wissen vernetzt ist. So konnte Anja im ersten Interview bereits zeigen, dass sie über Stützpunktwissen verfügt. Im zweiten Interview bestätigt sich, dass sie Stützpunktwissen abrufen kann. Zu diesem Zeitpunkt dominiert aber das im Rahmen des Unterrichts aufgebaute Wissen, sie nennt andere Beispiele als im ersten Interview. Im dritten Interview zeigt sich die Vernetzung von altem und neuem Wissen: Anja nennt bekannte Beispiele aus sowohl dem ersten als auch dem zweiten Interview. Sie hat ihr Stützpunktwissen in ein Konzept vereinigt.

Konzepterweiterungen fanden sich in den Fällen, in denen bereits Konzepte angelegt waren, deren Inhalt dem wissenschaftlichen Konzept nicht widersprach. Neue Konzepte wurden dagegen aufgebaut, wenn der Inhalt dem wissenschaftlichen Konzept widersprach. Wie auch erwartet, lässt sich das Lernen der Kinder jedoch hauptsächlich anhand von Konzepterweiterungen belegen. Harte Konzeptwechsel fanden sich nicht. Es lässt sich eher davon sprechen, dass bei den Kindern, die ein neues Konzept aufgebaut haben, entweder das ursprüngliche Konzept zunehmend verblasst, da die Aktivierung des neuen Konzepts erfolgreich ist, oder das neu angelegte Konzept vermehrt in den Hintergrund rückt und das alte Konzept wieder dominiert.

## 3.2 Subjektive Erfahrungsbereiche

Subjektive Erfahrungsbereiche (BAUERSFELD 1983) beschreiben zunächst Konzepte, die in konkreten Situationen verankert sind. Dies führt dazu, dass mehrere SEBs zu einem strukturell gleichen Problem nebeneinander existieren können, da die Strukturgleichheit noch nicht erkannt wurde. Bei der Auswertung der Interviews hat sich gezeigt, dass sich innerhalb der gewählten Forschungsmethode Situationen, in denen SEBs als situativ verankerte Konzepte identifiziert werden können, nur schwer inszenieren lassen. Das hängt zum einen mit eben dieser Inszenierung zusammen, die immer zu einem gewissen Grad an Unnatürlichkeit führt. Zum anderen sind die Erfahrungen der Kinder so individuell, dass es schwierig ist, Situationen zu finden, in denen möglichst viele Kinder SEBs aktivieren. Dass SEBs trotzdem eine Rolle spielen, zeigt sich an folgenden drei Beispielen:

- Explizit nach Stützpunktwissen für 500g gefragt, nennt Anja eine Tüte Nudeln. Als sie aufgefordert ist, das Gewicht einer Nudeltüte zu schätzen, aktiviert sie dieses Wissen nicht, sondern gibt als Schätzung 150g an. Hier lässt sich ein Subjektiver Erfahrungsbereich identifizieren: Anja kann auf das Stützpunktwissen nicht in jedem Fall zugreifen.
- Ein Subjektiver Erfahrungsbereich von Manuel betraf die Verwendung der Einheit Kilogramm in Verbindung mit dem Körpergewicht: Manuel macht sowohl im zweiten als auch im dritten Interview in der Situation, in der er sein Körpergewicht mit der Personenwaage bestimmt, eine Gewichtsangabe mit der Einheit Kilogramm. In anderen Situationen im Interview weiß er dagegen nicht, welche Einheit er seinem Körpergewicht zuordnen muss, kann hier also das vorab gezeigte Wissen nicht aktivieren. Dies deutet darauf hin, dass dieses Wissen an die Situation „Körpergewicht bestimmen“ gekoppelt ist.
- In der ersten Aufgabe im ersten Interview war das kleinere Paket schwerer als das größere Paket. Die Reaktionen der Kinder auf diese Lösung zeigte, dass die Kinder erwartet hatten, dass das größere Paket auch schwerer ist. Bei den folgenden Aufgaben zum Gewichtsvergleich zweier Gegenstände sowohl im ersten

als auch in den Folgeinterviews entschied sich ein auffällig hoher Anteil der Kinder auf der Grundlage eines visuellen Vergleichs für den kleineren Gegenstand als den schwereren. Eine mögliche Interpretation hierfür ist, dass die Aufgabensituation der ersten Aufgabe im ersten Interview für die Kinder so prägend war, dass sie sich auch in den Folgeinterviews ohne manuellen Vergleich für den kleineren Gegenstand entscheiden. Dies deutet auf einen im Rahmen der Interviews angelegten Subjektiven Erfahrungsbereich hin: Die Kinder haben im ersten Interview die Erfahrung gemacht, dass die erste Aufgabe so konzipiert war, dass der kleinere Gegenstand der schwerere war, was entgegen ihrer Erwartung war. Dies hat zur Bildung eines SEBs geführt, der in den Folgeinterviews von den Kindern weiter aktiviert wird.

### 4 Entwicklungsmodelle: Gewichtsvergleich, Invarianz und Gewichtskonzept

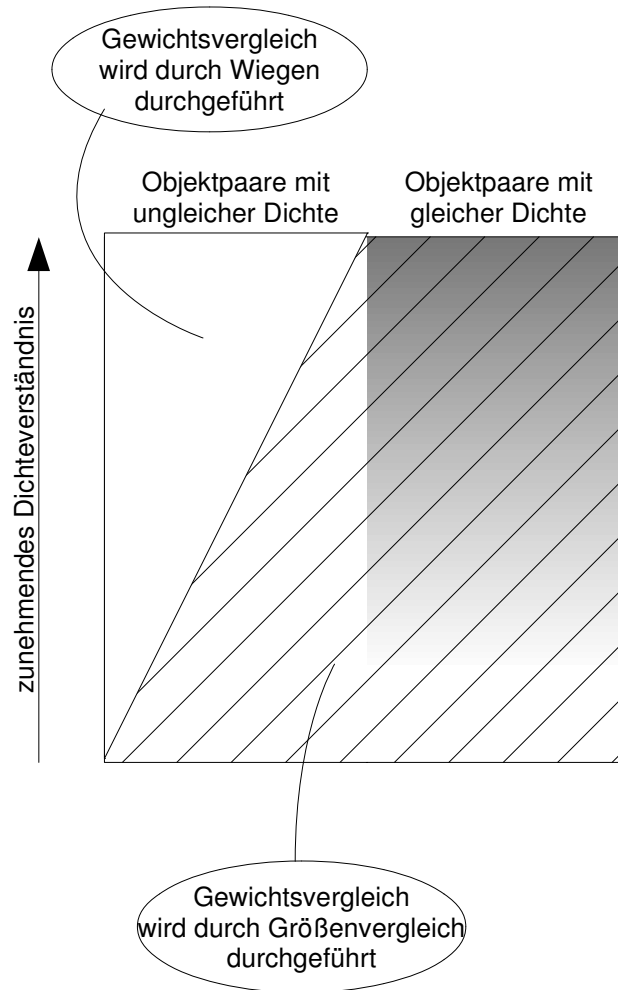
Wie oben dargestellt, zeigt sich, dass die meisten Teilkonzepte zum Zeitpunkt des ersten Interviews unterschiedlich stark ausgebaut sind, aber nicht bei allen Konzepten ist eine Entwicklung über den Interviewzeitraum beobachtbar. Diese nicht beobachtbare Entwicklung ist darauf zurückzuführen, dass die Entwicklung entweder schon abgeschlossen war – z.B. waren alle Kinder in der Lage, die Transitivität anzuwenden – oder dass der Ausbau der Konzepte auf so vielfältiger Erfahrung über einen längeren Zeitraum basiert, so dass eine Entwicklung bei diesen Konzepten im Rahmen dieser Studie nicht ausreichend feststellbar war. Hierzu gehören insbesondere die Konzepte *Stützpunktvorstellungen* sowie *Schätzen*.

Bei den Konzepten, bei denen eine Entwicklung beobachtbar ist, ist diese nicht immer einheitlich. Dies hängt damit zusammen, dass sich zwei Varianten von Entwicklung analysieren lassen, eine „natürliche“ und eine „individuelle“ Entwicklung: manche Konzepte folgen offenbar bei allen Kindern einer gleichen Entwicklung, während bei anderen die Entwicklung vor allem vom Input von außen abhängig zu sein scheint. Dabei ist bei den Konzepten mit „individueller“ Entwicklung der Ausbau der Konzepte stark abhängig von eigenen Erfahrungen, die vor der unterrichtlichen Behandlung sehr unterschiedlich sein können. Anschließend erfolgt der Ausbau dieser Konzepte wissensbasiert. Hierzu zählen u.a. die Konzepte *Einheiten*, *Stützpunktwissen* und *Wiegen*.

Daneben gibt es die Konzepte, bei denen sich eine „natürliche“ – bei allen Kindern sehr ähnlich ablaufende – Entwicklung feststellen lässt. Dies betrifft insbesondere die Konzepte *Gewichtsvergleich* sowie *Invarianz*; bei diesen beiden Konzepten finden sich empirische Hinweise auf einen (zeitlichen) Entwicklungsablauf. Aus diesem Grund wird für diese beiden Teilkonzepte im folgenden modelliert, welche Entwicklung auf der Grundlage der Untersuchung zu beobachten ist.

## 4.1 Modell für die Entwicklung des Konzepts Gewichtsvergleich

Nach SMITH ET AL. (1985) nehmen Kinder schon früh Größe und Gewicht als unterschiedliche Eigenschaften wahr. Trotzdem beinhaltet das Konzept zum Gewichtsvergleich lange die Überzeugung, dass Gewicht und Größe miteinander korrelieren, was damit zusammenhängt, dass die Größe einfacher, weil visuell wahrnehmbar ist und außerdem der Schluss vom Größenvergleich auf den Gewichtsvergleich in vielen Fällen zutrifft, nämlich dann, wenn zwei Objekte eine ähnliche Dichte haben. Daher reduzieren Kinder ihre Entscheidung zum Gewichtsvergleich auf einen visuellen Größenvergleich: die Eigenschaft Dichte ist noch unbekannt. Mit wachsender Erfahrung treten häufiger Konflikte auf, aus denen sich ein Konzept für Dichte entwickelt. Dies führt dazu, dass die Notwendigkeit des manuellen Vergleichs erkannt wird. Dieses ist jedoch zunächst noch nicht (ausreichend) mit dem Gewichtsvergleich vernetzt: trotz Kenntnis der Dichte dominiert weiter der Größenvergleich. Mit zunehmender Erfahrung werden die beiden Konzepte miteinander vernetzt. Schließlich sind die Kinder in der Lage zu entscheiden, ob aufgrund gleicher Dichte ein visueller Vergleich ausreicht oder ob ein Wiegen notwendig ist. Dabei erfahren die Kinder auch die Grenzen des manuellen Vergleichs durch schwer zu vergleichendes unterschiedliches Druckgefühl und lernen, sich situationsabhängig angemessen für den manuellen Vergleich oder den Waageneinsatz zu entscheiden. Die folgende Grafik illustriert diese Entwicklung:



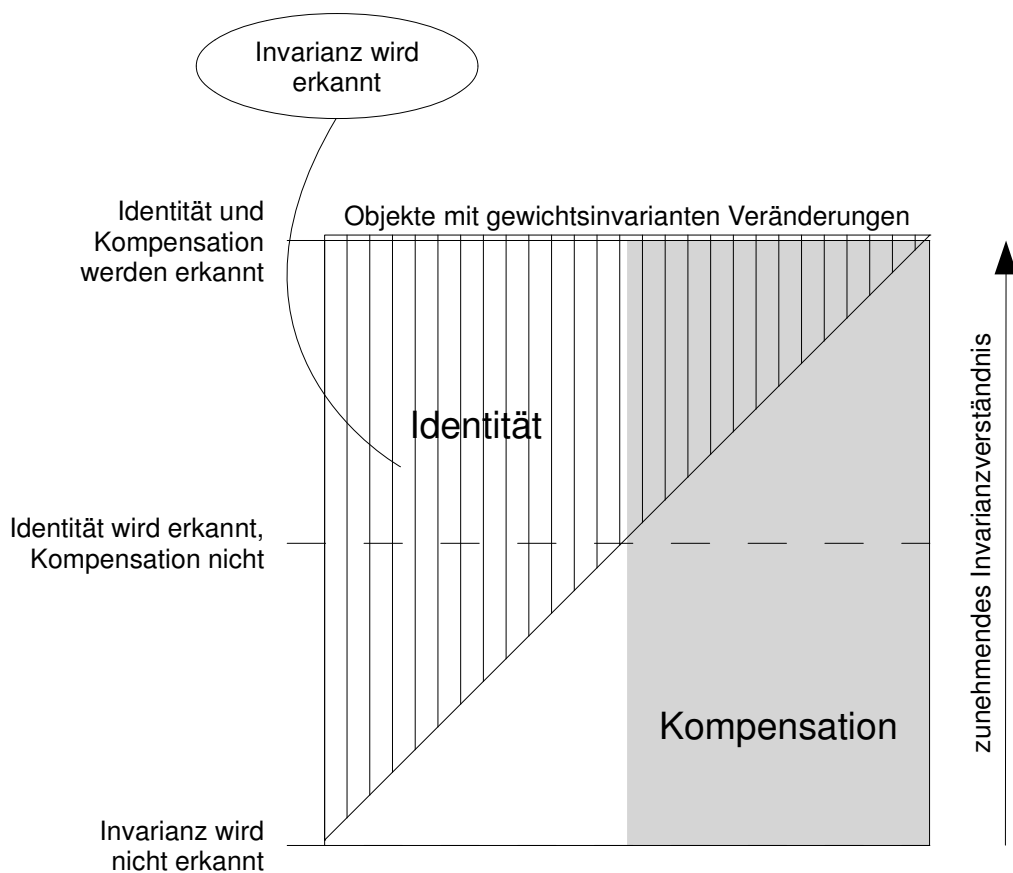
Zunächst findet keine Unterscheidung in Objektpaare gleicher und ungleicher Dichte statt; folglich werden alle Gewichtsvergleiche auf visueller Basis durchgeführt. Mit zunehmender Erfahrung entwickelt sich ein Dichtekonzept. Dies führt dazu, dass die Kinder beginnen, Gegenstände zu wiegen. Schließlich verfügen die Kinder über ein ausgebautes Konzept: es wird (zuverlässig) erkannt, in welchen Fällen eine vergleichbare Dichte vorliegt und folglich ein visueller Vergleich ausreicht und in welchen Fällen ein Wiegen nötig ist.

## 4.2 Modell für die Entwicklung des Konzepts Invarianz

Die Ergebnisse der Arbeit bezüglich der Entwicklung des Invarianzkonzepts decken sich mit PIAGETS Ergebnissen zur Invarianzentwicklung. Zu Beginn der Entwicklung des Verständnisses der Gewichtsinvarianz erkennen Kinder die Invarianz weder in Bezug auf die Identität noch auf die Kompensation: Bei jeder Verformung oder Zerteilung wird eine Gewichtsveränderung angenommen. Im Laufe der Zeit entwickelt sich ein Verständnis für die Identität der Materie. Da zu diesem Zeitpunkt die Kompensation jedoch noch nicht erkannt wird, kann es sein, dass die Identität in den Hintergrund rückt, weil in der Wahrnehmung des Kindes die Veränderung in einer Dimension dominiert



und es die Kompensation dieser Veränderung nicht erkennt. Dies führt dazu, dass die Invarianz nicht immer erkannt wird. In diesem Übergangsstadium wird das Erkennen der Identität durch das Nichterkennen der Kompensation teilweise überlagert.



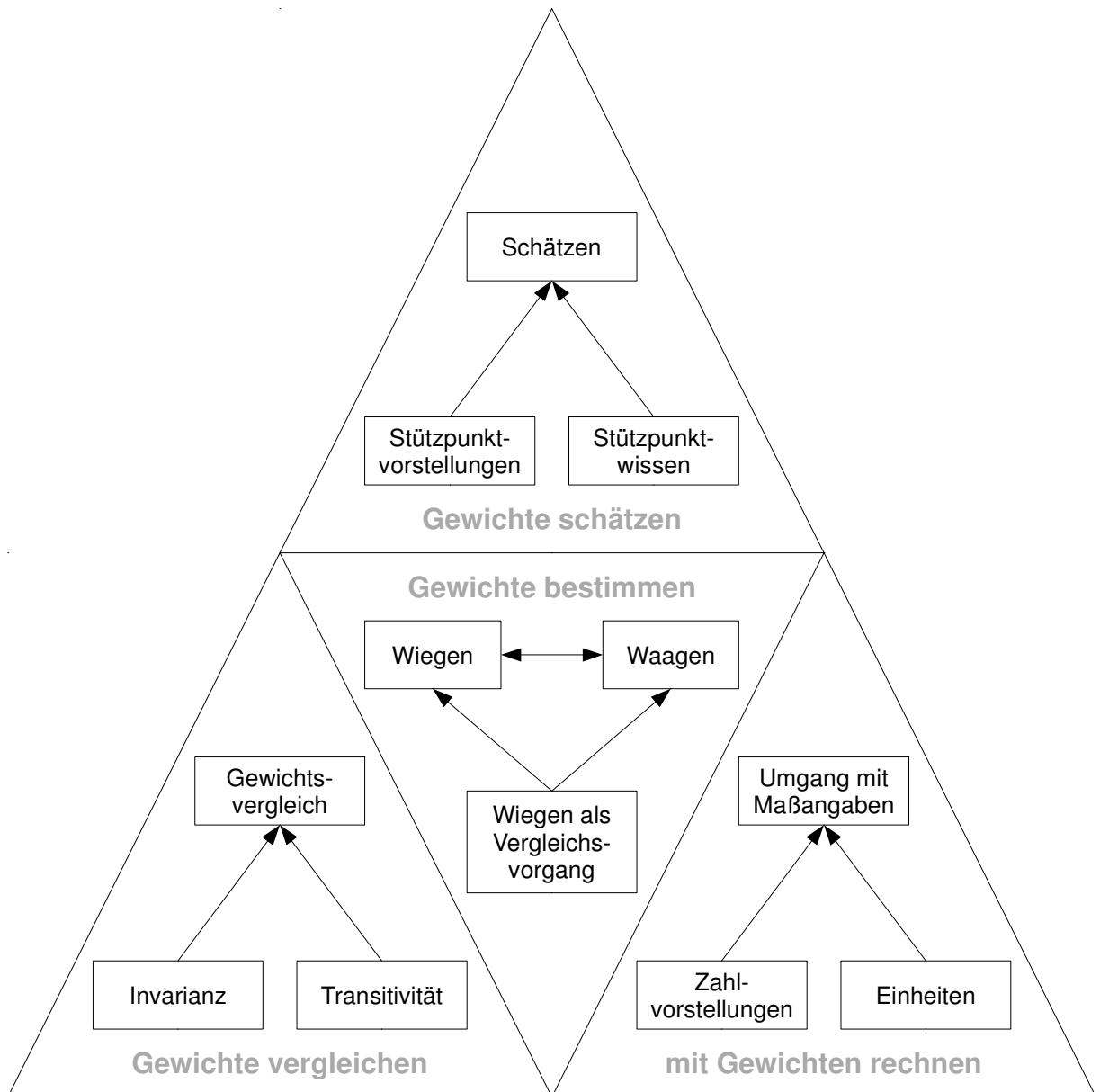
In den Interviews wird dieser Verlauf der Entwicklung daran deutlich, dass die Kinder in ihrer Begründung hin und her schwanken, indem sie einerseits die Identität erkennen und andererseits am Erkennen der Kompensation scheitern. Im Rahmen der Interviews begründen die Kinder die Invarianz in der Regel mit der Identität. Die Kinder, die die Invarianz nicht (zuverlässig) erkennen, scheitern insbesondere am Erkennen der Kompensation, befinden sich also in dem beschriebenen Übergangsstadium.

Da das Erkennen oder Nichterkennen der Reversibilität in keinem der Interviews thematisiert wurde, kann diesbezüglich keine Aussage getroffen werden, inwieweit dies das Erkennen der Invarianz beeinflusst. Aus diesem Grund wurde die Reversibilität nicht mit in das Modell aufgenommen. Es wäre möglich, mit Hilfe gezielter Fragestellung die Stellung der Reversibilität genauer zu untersuchen, indem der Interviewer bei erkannter Identität nachfragt: *Woher weißt du, dass das dasselbe Material ist?*

### 4.3 Modell für ein Gewichtskonzept

Neben der Identifizierung von kindlichen Konzepten zur Größe Gewicht war ein weiteres Ziel der Arbeit, die vorab formulierten Teilkonzepte und ihre Beziehung in Form ei-

nes grafischen Modells darzustellen. Das Ziel einer solchen Modellentwicklung ist es, mögliche Abhängigkeiten und Zusammenhänge der Teilkonzepte zu veranschaulichen. Prinzip einer Modellbildung ist dabei, komplexe Zusammenhänge auf Wesentliches zu reduzieren. Die folgende Grafik versucht, die Beziehung der entwickelten Teilkonzepte auf der Grundlage der evaluierten Ergebnisse zu veranschaulichen und dabei einen Entwicklungsablauf anzudeuten:



Das große Dreieck symbolisiert die Einheit der einzelnen Teilkonzepte in einem Gewichtskonzept; die kleinen Dreiecke entsprechen den vier Bereichen „Gewichte vergleichen“, „Gewichte bestimmen“, „Gewichte schätzen“ sowie „mit Gewichten rechnen“. Innerhalb der Dreiecke befinden sich die identifizierten Teilkonzepte. Die Pfeile veranschaulichen die wichtigsten Abhängigkeiten der Teilkonzepte untereinander. Natürlich

lassen sich noch mehr Beziehungen zwischen den Teilkonzepten finden; auf die Darstellung wurde jedoch verzichtet, um die Übersichtlichkeit zu erhalten.

Anhand zweier Beispiele soll die Grafik erläutert werden:

- Innerhalb des Dreiecks zum Bereich „mit Gewichten rechnen“ befinden sich die Teilkonzepte *Zahlvorstellungen*, *Einheiten* sowie *Umgang mit Maßangaben*. Der Aufbau des Konzepts *Umgang mit Maßangaben* ist abhängig von den Konzepten für *Einheiten* und *Zahlenvorstellungen*. Z.B. hängt der sichere Umgang mit Maßangaben wesentlich davon ab, dass ein ausgebautes Konzept von (Gewichts-)Einheiten vorhanden ist. Nicht dargestellt, weil nicht zentral, ist z.B. die umgekehrte Abhängigkeit, dass natürlich auch der Kontakt mit verschiedenen Maßangaben den Aufbau eines Konzepts von Einheiten fördert.
- Innerhalb des Bereichs „Gewichte bestimmen“ hat sich gezeigt, dass das Konzept, das das Wiegen als Vergleichsvorgang beinhaltet, dazu beiträgt, Wägungen mit verschiedenen Waagentypen vornehmen zu können. Kinder, denen dieses Verständnis fehlt, sind nicht in der Lage, eine Wägung mit der Tafelwaage durchzuführen oder Wägeergebnisse aufeinander zu beziehen. Wie sich im Rahmen der Untersuchung gezeigt hat, sind die Konzepte Waagen und Wiegen eng miteinander verzahnt. Diese starke Wechselwirkung wird durch den beidseitigen Pfeil veranschaulicht.

Grundsätzlich ist zu betonen, dass sich auch die Bereiche wechselseitig in ihrer Entwicklung und ihrem Ausbau beeinflussen. Dabei sind die Übergänge zwischen den verschiedenen Bereichen und Teilkonzepten teilweise fließend, auch wenn durch die gewählte Darstellung der Formen und Pfeile Abgeschlossenheit suggeriert werden könnte. Dennoch lassen sich hierarchische Abhängigkeiten zwischen diesen Bereichen in der grundsätzlichen Entwicklung finden. Dabei bilden die Bereiche „Gewichte vergleichen“ und „mit Gewichten rechnen“ die Grundlage für den erfolgreichen Ausbau der beiden anderen Konzepte. Die Konzepte *Gewichtsvergleich* sowie *Umgang mit Maßangaben* tragen wesentlich zu einem erfolgreichen Konzept *Wiegen* bei. In den Interviews hat sich gezeigt, dass z.B. Kinder, die über kein Einheitenkonzept verfügen, deutlich mehr Probleme beim Umgang mit Waagen hatten als Kinder, die die Bedeutung der Einheiten kannten. Als entsprechend wichtig stellen sich auch die *Zahlvorstellungen* für einen erfolgreichen Umgang mit Waagen heraus. Der Bereich „Gewichte schätzen“ stellt die Spitze des Dreiecks dar. Dieser Bereich umfasst die Teilkonzepte, deren Ausbau und Entwicklung hauptsächlich über reflektierte Erfahrung erfolgt; ein erfolgreicher Ausbau dieser Teilkonzepte basiert auf vielseitigen Erfahrungen zu den anderen Bereichen. Die Untersuchung hat offen gelegt, dass die Konzepte des Bereichs „Gewichte schätzen“ bei den untersuchten Drittklässlern noch wenig ausgebaut sind.

## 5 Kritik an der Untersuchung

Vor dem Hintergrund der Analyse sowie der Ergebnisse werden im folgenden der Aufbau und die Durchführung der Studie kritisch reflektiert.

Im Rahmen der Auswertung der Untersuchung haben sich einige Stellen gezeigt, die nicht das erreicht haben, was geplant war. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass ein Interview eine inszenierte Situation darstellt, durch die das Geschehen beeinflusst wird. Zum anderen hat sich herausgestellt, dass nicht alle Aufgaben für das intendierte Ziel geeignet waren.

So hat die Aufgabe 2.4, bei der der Umgang mit Gewichten in die Kontexte *Kuchen backen* bzw. *Paket packen* eingebettet war, zum Ziel, genau diesen Umgang in einem situativ verankerten Rahmen zu ermöglichen. Hierbei hat sich aber herausgestellt, dass diese Aufgabe nicht dazu beigetragen hat, Konzepte identifizieren zu können, die nicht sowieso schon im Zusammenhang mit anderen Aufgaben erkennbar gewesen sind. Dies kann zum einen damit zusammenhängen, dass es schwierig ist, authentische Situationen zu simulieren. Zum anderen ist fraglich, inwieweit die gewählten Situationen subjektiv bedeutsam für Drittklässler sind. So hat sich entgegen meiner Erwartung herausgestellt, dass mehreren Kindern der Kontext *Kuchen backen* nicht vertraut war. Hier stellt sich die Frage, welche geeigneten Kontexte sich finden lassen können, um das ursprüngliche Ziel zu erreichen.

Bei den Aufgaben zur Transitivität (1.6a/b) handelt es sich in beiden Fällen um das Sortieren von drei Gegenständen. Hier traten bei keinem der an der Untersuchung beteiligten Kinder Schwierigkeiten auf. Eine weitere Sortieraufgabe mit mehr als drei Gegenständen hätte weitergehende Aussagen ermöglicht, inwieweit auch komplexere Transitivitätsbeziehungen erkannt werden.

Der Einfluss des Konzepts *Dichte* wurde bei der Aufgliederung in die einzelnen Teilkonzepte in die Beschreibung der Konzepte zum Bereich „Gewichte vergleichen“ integriert und kein eigenes Teilkonzept *Dichte* beschrieben. Grund war, dass die Dichte ein Verbindungselement zwischen der Größe Volumen und der Größe Gewicht bildet und eine eigene physikalische Größe darstellt. Entsprechend spielte dieses Konzept auch bei der Analyse und Interpretation keine gesonderte Rolle, sondern wurde im Rahmen des Konzepts *Gewichtvergleich* beschrieben. Bei der abschließenden Auswertung hat sich gezeigt, dass diesem Teilkonzept eine größere Rolle zukommt als ursprünglich angenommen. Dies spricht dafür, eine eigenständige Beschreibung dieses Konzepts vorzunehmen und dem Konzept mit geeigneten Interviewaufgaben gezielt nachzugehen. Andererseits hätte dieses Konzept, weil es sich um eine eigenständige Größe handelt, eine andere Dimension als die anderen Teilkonzepte – ein Teilkonzept „Volumen“ wurde auch nicht beschrieben, spielt aber ebenfalls eine Rolle.

Die Auswertung der Konzepte zeigt, dass sich die Konzepte *Waagen* und *Wiegen* empirisch nicht gut voneinander trennen lassen – wiegen geht nicht ohne Waage, und eine Waage wird ausschließlich zum Wiegen eingesetzt. Dennoch ist fraglich, ob sich hieraus schließen lässt, die Konzeptbeschreibungen der beiden Konzepte zusammenzuführen, da es sich meiner Ansicht nach trotzdem um unterschiedliche Konzepte handelt, die jedoch eine sehr starke Vernetzung aufweisen.

Neben den angesprochenen Kritikpunkten zur Aufgaben- und Modellkonzeption lassen sich ebenfalls Kritikpunkte an der Durchführung der Studie formulieren.

Bei der Auswertung der Interviews hat sich gezeigt, dass der Interviewer durch seine Frageweise teilweise stark gelenkt hat. Darauf wurde an den entsprechenden Stellen in der Auswertung eingegangen und in der Analyse und Interpretation berücksichtigt.

In Hinblick auf die technische Ausstattung hätte ein besseres Mikrofon die Zahl unverständlicher Passagen verringern können, so dass nicht die Interviews eines Kindes wegen schlechter Tonqualität hätten aussortiert werden müssen.

Entgegen der ursprünglichen Planung haben an der Untersuchung ausschließlich Schüler *einer* Klasse teilgenommen, da unmittelbar vor Beginn der Studie die Schule, die die Teilnahme zweier Klassen zugesichert hatte, abgesagt hat. Da der Untersuchungsbeginn unbedingt vor der unterrichtlichen Behandlung der Größe Gewicht liegen musste, gestaltete es sich als schwierig, kurzfristig neue Klassen zu finden, die die Größe Gewicht noch nicht behandelt hatten und bereit waren, an der Untersuchung teilzunehmen, so dass an der Untersuchung schließlich nur Schüler einer Klasse teilgenommen haben. Die Teilnahme von Kindern aus mehreren Klassen hätte dazu führen können, dass zum einen unterschiedlichere Erfahrungen und zum anderen unterschiedlicher unterrichtlicher Einfluss beobachtbar gewesen wäre.

## 6 Offene Forschungsfragen

Die vorliegende Arbeit stellt Konzepte eines Gewichtskonzepts vor, die sich bei Drittklässlern finden. Da es sich hierbei im Wesentlichen um die Darstellung zweier Einzelfallstudien handelt, können keine Aussagen darüber getroffen werden, inwieweit die beschriebenen Teilkonzepte typisch für Schüler dieser Klassenstufe sind. Dies führt dazu, dass zum einen weitergehend untersucht werden kann, ob sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie in weiteren Untersuchungen bestätigen. Zum anderen wäre es interessant, quantitativ orientierte Studien zu den Teilkonzepten anzuschließen, um statistisch belastbare Aussagen treffen zu können. Ergänzend hierzu wäre es interessant, vergleichend Gewichtskonzepte Erwachsener zu analysieren.

Es lässt sich nicht abschließend sagen, welchen (direkten oder indirekten) Einfluss der Unterricht auf die beschriebenen Entwicklungen der Teilkonzepte hatte. Bei den Teilkonzepten *Einheiten*, *Wiegen* und *Waagen* finden sich deutlich Entwicklungen, bei de-

nen ein Rückbezug zum Unterricht offensichtlich erscheint, weil es sich vorwiegend um wissensbasierte Teilkonzepte handelt, die im Unterricht schnell zu einer Erweiterung gelangen. Teilweise nahmen die Kinder auch explizit Bezug auf den Unterricht. Hier scheint es sinnvoll, eine breitere Untersuchung mit einer Kontrollgruppe anzuschließen, so dass Aussagen darüber getroffen werden können, welchen Einfluss der Unterricht auf den Ausbau und die Entwicklung eines Gewichtskonzepts haben kann.

Die im Rahmen der Arbeit vorgestellten Aufgaben sowohl aus dem schriftlichen Test als auch aus den Interviews können von Lehrern aufgegriffen werden, um vor einer unterrichtlichen Behandlung einen Überblick über die Konzepte der Kinder zu erhalten. Die vorgestellten Aufgaben sind jedoch eher als Anregung zu verstehen, und es wäre wünschenswert, hieran anknüpfend einen Aufgabenpool zusammenzustellen, der im Rahmen der Diagnostik gezielt eingesetzt werden kann.

In der Arbeit wurde thematisiert (z.B. Kap. B 2), dass bisher keine wissenschaftlichen Standards vorliegen, mit denen die Qualität von Schätzungen beurteilt werden kann. Diese wären insbesondere im Hinblick auf eine unterrichtliche Behandlung hilfreich, da hier die Kinder zu einem angemessenen Schätzen angeleitet werden sollen. Hier stellt sich jedoch die Fragen: Was sind „gute“ Schätzungen? Eine Entwicklung solcher Standards wäre eine Hilfestellung für Lehrer, um zu wissen, welche Ziele im Rahmen des Unterrichts angestrebt werden sollen und können.

## 7 Schlussfolgerungen

Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine qualitative Studie in Form von zwei Einzelfallstudien handelt, die durch weitere Ergebnisse von anderen Kindern ergänzt werden, lassen sich keine allgemeingültigen Schlussfolgerungen für einen veränderten Unterricht für den Größenbereich Gewichte formulieren. Trotzdem geben die Ergebnisse Anlass, über mögliche Konsequenzen in Hinblick auf den Unterricht nachzudenken.

„Das Wissen der Kinder zu erkunden, um dann im Unterricht bewusst daran anknüpfen zu können, ist (...) **ein** wesentlicher Aspekt der Verbesserung des Unterrichts“ (GRASSMANN 2001b, 4). Aus diesem Grund ist es nötig, dass der Lehrer das Vorwissen der Kinder in Erfahrung bringt. Eine Möglichkeit hierzu stellt der im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstellte schriftliche Test dar, der aus grundlegenden Aufgaben zum Gewichtsvergleich, zur Verwendung von Einheiten, zum Schätzen sowie zum Ablesen von Wäageergebnissen bei der Tafelwaage besteht. Er könnte durch weitere Aufgabenbeispiele mit anderen Waagen ergänzt werden.

In Auseinandersetzung mit der Thematik und den Ergebnissen der Interviews lassen sich Punkte formulieren, die im Rahmen von Unterricht eine Rolle spielen sollten:

- Beim manuellen Gewichtsvergleich tritt immer wieder die Problematik des unterschiedlichen Druckgefühls von Gegenständen auf, was zu Fehlinterpretatio-

nen des Gewichtsvergleichs führen kann. Dies sollte von den Kindern erfahren und anschließend thematisiert und reflektiert werden, um die Kinder für diese Problematik zu sensibilisieren.

- Die Kinder erleben bei Wägungen, dass verschiedene Waagen „unterschiedliche“ Gewichtsangaben für den gleichen Gegenstand machen. Hier muss mit den Kindern über mögliche Ursachen gesprochen werden, damit den Kindern wirklich falsche Ergebnisse (Waagenfehler, Ablesefehler) auffallen können.
- Die Kinder müssen sich Stützpunktwissen aneignen, das sie mit gefühltem Gewicht verknüpfen, um Stützpunktvorstellungen aufbauen zu können. Hier bietet sich an, im Sinne von RADATZ ET AL. (1999, 232) Größenbereiche (z.B. bis 10g, bis 100g, bis 500g, bis 1000g) zu erarbeiten und die Kinder im Schätzprozess anzuleiten, indem der Vorgang des abschätzenden manuellen Vergleichens in Verbindungen mit Wägungen immer wieder durchgeführt wird, wobei die Ergebnisse von manuellem Vergleich und Wägung vergleichend reflektiert werden müssen. Inwieweit dies im unterrichtlichen Erstkontakt im dritten Schuljahr schon erfolgversprechend ist, wäre allerdings nochmals zu überdenken.
- Die „Leichtigkeit“ von einem Gramm muss mit den Kindern thematisiert werden, um ein Bewusstsein für die Bedeutung der Einheiten zu schaffen.
- Die Skalen von analogen Waagen sind oft deutlich komplexer als die von Längenmessgeräten. Werden unterschiedliche Skalentypen erarbeitet, sollten die Kinder dazu angeregt werden, sich die Skaleneinteilung genau anzusehen.
- Losgelöst vom Größenbereich Gewichte sollte ein Bewusstsein für verschiedene Zahlenverhältnisse geschaffen werden, damit die Kinder sich unter dem Verhältnis 1:1000 etwas vorstellen können.

Abschließend gibt folgender Ausschnitt aus dem Kinderbuch „Ich und meine Schwester Klara“ (INKIOW 1977) ein gelungenes Beispiel dafür, wie Kinder aufgrund einer motivierenden Situation zu einem Gewichtsvergleich gelangen und somit eine Gewichtsvorstellung entwickeln können:

Ich wollte Onkel Toni gerade wegen seiner geplatzten Frau trösten und ihm sagen, daß er sicher eine neue finden wird, und auch eine dünnere, als er plötzlich verkündete: „Kinder, ich habe ein Baby bekommen. Eine kleine Tochter. Sie heißt Susanne. Neun Pfund schwer. Im Krankenhaus ist sie zur Welt gekommen.“ Dann legte er auf. Mensch haben wir uns gefreut. Klara holte sofort die Küchenwaage und stellte zwei volle Bierflaschen darauf und alle Kartoffeln, die wir fanden. Und auch ihrer größte Puppe Heidi. Aber erst als wir noch eine Karotte dazulegten, zeigt die Waage neun Pfund. „Siehst du“, sagte Klara, „soviel wiegt Onkel Tonis Baby.“ Dann hat sie alles – die Bierflaschen, die Puppe Heidi, die Kartoffeln und die Karotte – in eine Tragetasche getan, und wir beide haben nacheinander die Tasche durch

die ganze Wohnung geschleppt, um zu sehen, ob wir das Baby tragen können, wenn es nach Hause kommt. Nach einer halben Stunde sagte ich ermattet: „Das ist aber ein schweres Baby.“ (INKIOW 1977, 46ff.)



## Literatur

ARNOLD, M. (2006): Brain-Based Learning and Teaching – Prinzipien und Elemente. In: Herrmann, U. (Hg.): Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen. Weinheim und Basel, 145-158.

BANHOLZER, A. (1936): Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter. Tübingen.

BATSCHLET, E. (1980): Einführung in die Mathematik für Biologen. Berlin, Heidelberg, New York.

BAUERSFELD, H. (1983): Subjektive Erfahrungsbereiche als Grundlage einer Interaktionstheorie des Mathematiklernens und -lehrens. In: Bauersfeld, H./ Bussmann, H./ Krummheuer, G./ Lorenz, J. H./ Voigt, J. (Hg.): Lernen und Lehren von Mathematik. Analysen zum Unterrichtshandeln II. IDM Reihe, Band 6. Köln, 1-57.

BAUERSFELD, H. (1996): Wahrnehmen – Vorstellen – Lernen. Bemerkungen zu den neurophysiologischen Grundlagen in Anschluß an G. Roth. In: Fauser, P./ Madelung, M. (Hg.): Vorstellungen bilden. Beiträge zum imaginativen Lernen. Seelze, 143-163.

BAUERSFELD, H. (2000): Radikaler Konstruktivismus, Interaktionismus und Mathematikunterricht. In: Begemann, E.: Lernen verstehen – Verstehen lernen. Zeitgemäße Einsichten für Lehrer und Eltern. Frankfurt/ Main, 117-145.

BECK, C./ MAIER, H. (1993): Das Interview in der mathematikdidaktischen Forschung. In: JMD 2, 147-179.

BECK, C./ MAIER, H. (1994): Zu Methoden der Textinterpretation in der empirischen mathematikdidaktischen Forschung. In: Maier, H./ Voigt (Hg.): Verstehen und Verständigung. Arbeiten zur interpretativen Unterrichtsforschung. Band 19. Köln, 43-76.

BEDNORZ, P./ SCHUSTER, M. (2002<sup>3</sup>): Einführung in die Lernpsychologie. München.

BERGER, P. L./ LUCKMANN, T. (1980): Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie. Frankfurt am Main.

BILDUNGSSTANDARDS IM FACH MATHEMATIK FÜR DEN PRIMARBEREICH (2005). Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004. Herausgegeben vom Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. München, Neuwied.

BIESTER, W. (1981): Ohne Messen geht es nicht. In: Biester, W.: Sachunterricht. Ideen, Modelle, Methoden, Material für die Unterrichtspraxis. Freiburg, 138-158.

BIESTER, W. (Hg.) (1991): Denken über Natur und Technik. Zum Sachunterricht in der Grundschule. Bad Heilbrunn/Obb.

BODENMANN, G./ PERREZ, M./ SCHÄR, M./ TREPP, A. (2004): Klassische Lerntheorien. Grundlagen und Anwendungen in Erziehung und Psychotherapie. Bern.

BÖNIG, D. (2001): „Das Ungefähre der richtigen Antwort!“ In: Die Grundschulzeitschrift, Heft 141, 43-45.

BOULTON-LEWIS, G (1987): Recent cognitive theories applied to sequential length measuring knowledge in young children. In: British Journal of Educational Psychology, 57, 330-342.

BRACHNER, A. (1996): Von Ellen und Füßen zur Atomuhr. Geschichte der Messtechnik. München.

BRAGG, P./ OUTHRED, L. (2000): Student's knowledge of length units: Do they know more than rules about rulers? In: Nakahara, T./ Koyama (Hg.): Proceedings of the 24th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, vol. 2. Hiroshima, 97-104.

BRUNER, J. S. (1966): Toward a Theory of Instruction. Cambridge.

CAREY, S. (1985): Conceptual change in childhood. Cambridge.

CAREY, S. (1988): Conceptual Differences Between Children and Adults. In: Mind and Language, 3, 167-181.

CAREY, S. (1990): Knowledge Acquisition: Enrichment or Conceptual Change? In: Carey, S./ Gelman, R. (Hg.): The Epigenesis of Mind: Essays in Biology and Cognition. Hillsdale, NJ, 257-291.

CAREY, S. (2000): Science Education as Conceptual Change. In: Journal of Applied Developmental Psychology 21, 13-19.

CAREY, S./ SPELKE, E. (1994): Domain-specific knowledge and conceptual change. In: Hirschfeld, L.A./ Gelman, S.A. (Hg.): Mapping the mind. Domain-Specificity in Cognition and Culture. New York, 169-200.

- CLAYTON, J. G. (1992): Estimation in school. MPhil. University of London. <http://www.johngclayton.co.uk/website%20files/Outputcomplete%20text.pdf> (Stand: 19.08.10)
- CLEMENTS, D. H./ SARAMA, J. (2007): Early Childhood Mathematics Learning. In: Lester, F.J.Jr. (Hg.): Second Handbook of Research on mAThematics Teaching and Learning. Charlotte, NC, 461-555.
- DIESTERWEG, A. (1935): Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer. Essen.
- DILKE, O.A.W. (1991): Mathematik, Maße und Gewichte in der Antike. Stuttgart.
- DORN, F./ BADER, F. (1974): Physik – Mittelstufe. Hannover, 26.
- DUBS, R. (1995): Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. In: Zeitschrift für Pädagogik, Jg. 41, Heft 6, 889-903.
- DUIT, R. (1993): Alltagsvorstellungen berücksichtigen! In: Praxis der Naturwissenschaften Physik, Heft 6/ 42, 7-11.
- DUIT, R. (1995): Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. In: Zeitschrift für Pädagogik, Jg. 41, Heft 6, 905-923.
- DUIT, R. (1996): Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Duit, R./ Rhöneck, Chr. von (Hg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel, 145-162.
- DUIT, R. (1997): Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Köhnlein, W. (Hg.): Kinder auf dem Weg zum Verstehen der Welt. Bad Heilbrunn, 233-245.
- DUIT, R. (2002): Alltagsvorstellungen und Physik lernen. (erschieden in: Kircher, E./ Schneider, W. (Hg.): Physikdidaktik in der Praxis. Berlin, 1-26) [http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/Alltagsvorstellungen\\_und\\_Physiklernen.pdf](http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/Alltagsvorstellungen_und_Physiklernen.pdf) (24.01.2011).
- DUIT, R. (2004a): Alltagsvorstellungen berücksichtigen. In: Müller R./ Wodzinski, R./ Hopf, M (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Köln, 3-7.
- DUIT, R. (2004b): Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: Müller R./ Wodzinski, R./ Hopf, M (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Köln, 8-14.
- DUIT, R. (2004c): Schülervorstellungen und Lernen von Physik. [http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/piko\\_Brief\\_01\\_Schuelervorstellungen.pdf](http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/piko_Brief_01_Schuelervorstellungen.pdf) (24.01.2011).

DUIT, R. (2004d): Vorstellung und Experiment – von der eingeschränkten Überzeugungskraft experimenteller Beobachtungen. In: Müller R./ Wodzinski, R./ Hopf, M. (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Köln, 20-22.

DUIT, R./ RHÖNECK, C. VON (Hg.) (1996): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel.

EDELMANN, W. (2000<sup>6</sup>): Lernpsychologie. Weinheim.

EINSIEDLER, W. (1997): Probleme und Ergebnisse der empirischen Sachunterrichtsforschung. In: Marquardt-Mau, B./ Köhnlein, W./ Lauterbach, R. (Hg.): Forschung zum Sachunterricht. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bd. 7. Bad Heilbrunn, 18-42.

EINSIEDLER, W. (2003): Empirische Forschung zum Sachunterricht – ein Überblick. In: Spreckelsen, K./ Möller, K./ Hartinger, A. (Hg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Forschung zur Didaktik des Sachunterrichts. Bd. 5. Bad Heilbrunn/Obb., 17-38.

EMMRICH, A. (2004): Die Größe Gewicht – eine spezielle Problematik oder „Man kann sich nicht jedes Gefühl für jeden einzelnen Gegenstand merken“ (Jakob 4. Schuljahr). In: Scherer, P./ Bönig, D. (Hg.): Mathematik für Kinder – Mathematik von Kindern. Beiträge zur Reform der Grundschule. Bd. 117. Frankfurt/Main, 50-62.

FANSELAU-PREIS, S. (2002): Wiegen und Gewichte – eine Werkstattarbeit. In: RAAbits Grundschule. B.1.16, S. 2. Stuttgart.

FATKE, R. (1997): Fallstudien in der Erziehungswissenschaft. In: Friebertshäuser, B./ Prengel, A. (Hg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim, München, 56-68.

FLICK, U. (1995<sup>2</sup>): Stationen des qualitativen Forschungsprozesses. In: Flick, U./ von Kardoff, E./ Keupp, H./ von Rosenstiel, L./ Wolff, S. (Hg.): Handbuch Qualitative Sozialforschung. Weinheim, 148-173.

FLICK, U. (2006<sup>4</sup>): Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung. Reinbek bei Hamburg.

FLICK, U./ KARDOFF, E. VON/ STEINKE, I. (Hg.) (2005): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Hamburg.

FLOER, J./ TWEER, U. (1996): Wie schwer ist wohl ein Goldfisch? Geschichten vom Wiegen und von Gewichten. In: Die Grundschulzeitschrift, Sonderdruck Mathematik Band II: Geometrie und Sachrechnen, 70-73.

- FOERSTER, H. VON (1985): Das Konstruieren einer Wirklichkeit. In: Watzlawick, P. (Hg.): Die erfundene Wirklichkeit. Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben? Beiträge zum Konstruktivismus. München, 39-60.
- FRANKE, M. (1997): Denk- und Handlungsstrategien von Grundschülern beim Bearbeiten von Sachsituationen. In: Beiträge zum Mathematikunterricht, 13-22.
- FRANKE, M. (2003): Didaktik des Sachrechnens in der Grundschule. Heidelberg, Berlin.
- FRANKE, M./ RUWISCH, S. (2010<sup>2</sup>): Didaktik des Sachunterrichts in der Grundschule. Heidelberg.
- FRENZEL, L./ GRUND, K.-H. (1991a): Wie tief ist der Brunnen? Einige Gedanken zum Anwenden von Mathematik. In: mathematik lehren, Heft 45, 4-8.
- FRENZEL, L./ GRUND, K.-H. (1991b): Umgang mit Größen: Fachlich exakt – trotzdem schülergemäß. In: mathematik lehren, Heft 45, 10-14.
- FRENZEL, L./ GRUND, K.-H. (1991c): Wie „groß“ sind Größen? In: mathematik lehren, Heft 45, 15-34.
- FRIEBERTSHÄUSER, B. (1997): Interviewtechniken – ein Überblick. In: Friebertshäuser, B./ Prengel, A. (Hg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim, München, 371-395.
- FRIEDRICH, G. (2005): Allgemeine Didaktik und Neurodidaktik. Frankfurt am Main.
- GASSER, P. (2008): Neuropsychologische Grundlagen des Lehrens und Lernens. Bern.
- GERSTENMAIER, J./ MANDL, H. (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: Zeitschrift für Pädagogik, Jg. 41, Heft 6, 867-888.
- GIRG, R. (1994): Die Bedeutung des Vorverständnisses der Schüler für den Unterricht. Eine Untersuchung zur Didaktik. Bad Heilbrunn.
- GLASERSFELD, E. VON (1985): Einführung in den radikalen Konstruktivismus. In: Watzlawick, P. (Hg.): Die erfundene Wirklichkeit. Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben? Beiträge zum Konstruktivismus. München, 16-38.
- GLASERSFELD, E. VON (1996): Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme. Frankfurt/ Main.
- GRASSMANN, M. (1995): „Da bin ich ja fast so schwer wie ein Eisenbahnwagen.“ In: MU, 1. Quartal, 7-11.
- GRASSMANN, M. (1999): Zur Entwicklung von Zahl- und Größenvorstellungen als wichtigem Anliegen des Sachrechnens. In: Grundschulunterricht, Heft 4, 31-34.

GRASSMANN, M. (2001a): „Fast jede Sache auf der Welt wiegt irgendetwas“. Zum Umgang mit Gewichten. In: Die Grundschulzeitschrift, Heft 141, 20-22.

GRASSMANN, M. (2001b): Kinder wissen viel – zusammenfassende Ergebnisse einer mehrjährigen Untersuchung zu mathematischen Vorkenntnissen von Grundschulkindern.

[http://www.schroedel.de/grundschule/mathematik/primo\\_mathematik/pdf/grassmann\\_artikel.pdf](http://www.schroedel.de/grundschule/mathematik/primo_mathematik/pdf/grassmann_artikel.pdf) (24.01.2011).

GRASSMANN, M./ MIRWALD, E./ KLUNTER, M./ VEITH, U. (1995): Arithmetische Kompetenz von Schulanfängern – Schlussfolgerungen für die Gestaltung des Anfangsunterrichts. In: SMP, Heft 7, 302-321.

GRIESEL, H. (1973): Die Neue Mathematik für Lehrer und Studenten. Band 2. Größen. Bruchzahlen, Sachrechnen. Hannover.

GRIESEL, H. (1975): Die Neue Mathematik für Lehrer und Studenten. Lösungsheft zu Band 2. Größen. Bruchzahlen, Sachrechnen. Hannover.

GRIESEL, H. (1997): Zur didaktisch orientierten Sachanalyse des Begriffs Größe. In: Journal für Mathematikdidaktik, 18 (4), 259-284.

GRUND, K.-H. (1992): Größenvorstellungen – eine wesentliche Voraussetzung beim Anwenden von Mathematik. In: Grundschule, Heft 12, 42-44.

HALL, G. S./ BROWNE, C.E. (1903): Children's ideas of fire, heat, frost and cold. In: Pedagogic Seminar 10, 27-85.

HASEMANN, K. (2004): Mathematisches Wissen und Verstehen im Vor- und Grundschulalter . Diagnose, Hemmnisse und Entwicklung. In: Faust, G./ Götz, M. / Hacker, H./ Roßbach, H.-G. (Hg.): Anschlussfähige Bildungsprozesse im Elementar- und Primarbereich. Bad Heilbrunn/ Obb., 64-77.

HASSELHORN, M./ GOLD, A. (2006): Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren. Stuttgart.

HEINZEL, F. (1997): Qualitative Interviews mit Kindern. In: Friebertshäuser, B./ Prengel, A. (Hg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim, München, 396-413.

HERRMANN, U. (Hg.) (2006): Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen. Weinheim und Basel.

HIEBERT, J. (1984): Why do some children have trouble learning measurement concepts? In: Arithmetic Teacher, March, 19-24.

- HOMANN, G. (1992): Messen und schätzen im Mathematikunterricht. In: Grundschule, Heft 11, 10-11.
- HOPF, C. (1995<sup>2</sup>): Qualitative Interviews in der Sozialforschung. Ein Überblick. In: Flick, U./ Kardoff, U. von/ Keupp, H./ Rosenstiel, L. von/ Wolff, S. (Hg.): Qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen. Weinheim, 177-182
- INKIOW, D. (1977): Ich und meine Schwester Klara. Berlin.
- JUNG, W. (2004): Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: Müller R./ Wodzinski, R./ Hopf, M (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Köln, 15-19.
- KATTMANN, U./ GROPENGIESSER, H. (1996): Modellierung der didaktischen Rekonstruktion. In: Duit, R./ Rhöneck, Ch. von (Hg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel, 180-204.
- KESTING, F. (2005): Mathematisches Vorwissen zu Schuljahresbeginn bei Grundschulern der ersten drei Schuljahre – eine empirische Untersuchung. Hildesheim, Berlin.
- KIEFL, W./ LAMNEK, S. (1984): Qualitative Methoden in der Marktforschung. In: Planung und Analyse. Heft 11/12, 474-480.
- KIRSCH, A. (1970): Elementare Zahlen- und Größenbereiche. Göttingen
- KIRSCH, A. (1997<sup>3</sup>): Mathematik wirklich verstehen. Eine Einführung in ihre Grundbegriffe und Denkweisen. Köln
- KLEIN, K./ OETTINGER, U. (2007): Konstruktivismus. Die neue Perspektive im (Sach-)Unterricht. 2., überarbeitete Auflage. Baltmannsweiler.
- KÖNIG, E./ BENTLER, A. (1997): Arbeitsschritte im qualitativen Forschungsprozess – eine Leitfaden. In: Friebertshäuser, B./ Prengel, A. (Hg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim, München, 88-96.
- KRAPP, A. (1996): Psychologische Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens: Untersuchungsansätze und Befunde zu Motivation und Interesse. In: Duit, R./ Rhöneck, Chr. von (Hg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel, 37-68.
- KRAUTHAUSEN, G./ SCHERER, P. (2001): Einführung in die Mathematikdidaktik. Heidelberg, Berlin.
- KRUMMHEUER, G./ NAUJOK, N. (1999): Einführung in die interpretative Unterrichtsforschung: Theoretische Grundlagen und Beispiele aus der Forschungspraxis. Qualitative Sozialforschung; Band 7. Opladen.

- LAMNEK, S. (2010<sup>5</sup>): Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch. Weinheim, Basel.
- LAWLER, R. W. (1981): The progressive construction of mind. *Cognitive Science* 5, 1-30.
- LE BOHEC, P. (1994): Verstehen heißt Wiedererfinden. Natürliche Methode und Mathematik. Bremen.
- LEFRANÇOIS, G. R. (1994): Psychologie des Lernens. Berlin.
- LOBEMEIER, K. R. (2005): Welche Leistungen erbringen Viertklässler bei Aufgaben zum Thema Größen? Untersuchungen zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenz im Grundschulalter im Rahmen von IGLU. [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00001484/d1484.pdf?hosts=](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00001484/d1484.pdf?hosts=) (24.01.2011).
- LORENZ, J.-H. (1992): Größen und Maße in der Grundschule. In: *Grundschule*, Heft 11, 12-14.
- MACHOLD, A. (2005): Mechanik. Eine genetische Hinführung zu grundlegenden Vorstellungen der klassischen Physik. Weingarten.
- MANDL, H. (1997): Wissen und Handeln: Eine theoretische Standortbestimmung. In: Mandl, H. (Hg.): Bericht über den 40. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in München 1996. Göttingen, 3-13.
- MAYRING, P. (2002<sup>5</sup>): Einführung in die Qualitative Sozialforschung. Weinheim, Basel.
- MAYRING, P. (2003<sup>8</sup>): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel.
- MAYRING, P. (2003): Qualitative Analyseansätze in der Lehr-Lern-Forschung. In: Spreckelsen, K./ Möller, K./ Hartinger, A. (Hg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Forschung zur Didaktik des Sachunterrichts. Bd. 5. Bad Heibrunn/Obb., 59-70.
- MEINEFELD, W. (2005): Hypothesen und Vorwissen in der qualitativen Sozialforschung. In: Flick, U./ Kardoff, E. von/ Steinke, I. (Hg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Hamburg, 265-275.
- MERKENS, H. (1997): Stichproben bei qualitativen Studien. In: Friebertshäuser, B./ Prengel, A. (Hg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim, München, 97-106.
- MEYER, H. (1987): Unterrichts-Methoden II: Praxisband. Berlin.
- MIETZEL, G. (2002<sup>4</sup>): Wege in die Entwicklungspsychologie. Kindheit und Jugend. Weinheim.



- MÖLLER, K. (1997): Untersuchungen zum Aufbau bereichsspezifischen Wissens in Lehr-Lernprozessen des Sachunterrichts. In: Köhnlein, W. (Hg.): Kinder auf dem Weg zum Verstehen der Welt. Bad Heilbrunn, 247-262.
- MÖLLER, K. (1999): Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozeßforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Köhnlein, W. (Hg.): Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 125-191.
- MÖLLER, K. (2000): Verstehendes Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften. Forschung für den Sachunterricht. In: Die Grundschulzeitschrift, Heft 139, 54-57.
- MONTADA, L. (2002<sup>5</sup>): Die geistige Entwicklung aus der Sicht Jean Piagets. In: Oerter, R./ Montada, L. (Hg.): Entwicklungspsychologie. Weinheim, Basel, Berlin, 418-442.
- NOLTING, W. (2006<sup>8</sup>): Grundkurs Theoretische Physik 1. Klassische Mechanik. Berlin, Heidelberg, New York.
- NÜHRENBÖRGER, M. (2002): Denk- und Lernwege von Kindern beim Messen von Längen. Theoretische Grundlegung und Fallstudien kindlicher Längenkonzepte im Laufe des 2. Schuljahres. Hildesheim.
- NUNES, T./ LIGHT, P./ MASON, J. (1993): Tools for thought: The measurement of length and area. In: Learning and Instruction, 3 (1), 39-54.
- OEVESTE, H. ZUR (1987): Kognitive Entwicklung im Vor- und Grundschulalter. Eine Revision der Theorie Piagets. Göttingen.
- OSBORNE, A. R. (1976): The mathematical and psychological foundations of measure. In: Lesh, R. (Hg.): Number and Measurement. Columbus, Ohio, 19-45.
- OSWALD, H. (1997): Was heißt qualitativ forschen? Eine Einführung in Zugänge und Verfahren. In: Friebertshäuser, B./ Prengel, A. (Hg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim, München, 71-87.
- PETER-KOOP, A. (2001): Authentische Zugänge zum Umgang mit Grössen. In: Die Grundschulzeitschrift, Heft 141, 6-11.
- PETERSEN, K. (1987): Probleme mit der Größe Gewicht. In: MUP, IV. Quartal, 15-30.
- PIAGET, J./ INHELDER, B. (1975): Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde. Erhaltung und Atomismus. Stuttgart.
- PIAGET, J./ INHELDER, B. (1977): Die Psychologie des Kindes. Frankfurt/ Main.
- PINTRICH, P. R./ MARX, R.W./ BOYLE, R.A. (1993): Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. In: Review of Educational Research 63, 167-199.

- POSNER, G. J./ STRIKE, K. A./ HEWSON, P. W./ GERTZOG, W. A. (1982): Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. In: Sscience Education 66 (2), 211-227.
- RADATZ, H./ SCHIPPER, W. (1983): Handbuch für den Mathematikunterricht an Grundschulen. Hannover.
- RADATZ, H./ SCHIPPER, W./ DRÖGE, R./ EBELING, A. (1998): Handbuch für den Mathematikunterricht. 2. Schuljahr. Hannover.
- RADATZ, H./ SCHIPPER, W./ DRÖGE, R./ EBELING, A: (1999): Handbuch für den Mathematikunterricht. 3. Schuljahr. Hannover.
- RAHMANN, H. (1996): Neurobiologische Grundlagen von Lernen und Gedächtnis. In: Duit, R./ Rhöneck, Chr. von (Hg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel, 88-116.
- RASCH, R. (1995): „Die Tonne ist groß und schwer.“ Zum Arbeiten mit Größen. In: Grundschulunterricht, Heft 42, 1, 19-21.
- REBHAN, E. (2006): Theoretische Physik: Mechanik. München.
- REICH, K. (2000<sup>3</sup>): Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Einführung in die Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik. Neuwied, Kriftel.
- ROBINSON, H. B. (1964): An Experimental Examination of the Size-Weight Illusion in Young Children. In: Child Development, 35, 91-107.
- ROTH, G. (2006): Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? In: Herrmann, Ulrich (Hg.): Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen. Weinheim und Basel, 49-59.
- ROTH, W.-M. (1996): Situated Cognition. In: Duit, R./ Rhöneck, Chr. von (Hg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel, 163-179.
- RUTKE, U. (2006): Schülervorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen zur Entstehung und Entwicklung des menschlichen Lebens – ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion. Dissertation an der Ludwigs-Maximilians-Universität München. [http://edoc.ub.uni-muenchen.de/8625/1/Rutke\\_Ulrike.pdf](http://edoc.ub.uni-muenchen.de/8625/1/Rutke_Ulrike.pdf). (24.01.2011)
- SAAS, U. (2004): Gewichte. Handlungsorientierte Materialien mit Kopiervorlagen. Neuried.
- SCHANK, R./ ABELSON, R. (1977): Scripts, Plans, Goals and Understanding. An Inquiry into Human Knowledge Structures. New Jersey.

- SCHIPPER, W. (2009): Handbuch für den Mathematikunterricht an Grundschulen. Braunschweig.
- SCHMIDT, C. (1997): „Am Material“: Auswertungstechniken für Leitfadeninterviews. In: Friebertshäuser, B./ Prengel, A. (Hg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim, München, 544-568.
- SCHMIDT, S./ WEISER, W. (1986): Zum Maßzahlverständnis von Schulanfängern. In: JMD 2/3, 121-154.
- SCHNOTZ, W. (1996): Psychologische Aspekte des Wissenserwerbs und der Wissensveränderung. In: Duit, R./ Rhöneck, Chr. von (Hg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel, 15-36.
- SEILER, T. B. (1973): Die Bereichsspezifität formaler Denksstrukturen – Konsequenzen für den pädagogischen Prozess. In: Frey, K./ Lang, M. (Hg.): Kognitionspsychologie und naturwissenschaftlicher Unterricht, 249-285.
- SELTHER, C. (1995): Zur Fiktivität der ‚Stunde Null‘ im arithmetischen Anfangsunterricht. In: MUP. 2. Quartal, 11-19.
- SELTHER, C./ SPIEGEL, H. (1997): Wie Kinder rechnen. Leipzig, Stuttgart, Düsseldorf.
- SIEBERT, H. (2004): Konstruktivismus – eine Wende der Wahrnehmung. <http://www.jsse.org/2004/2004-2/sozialkonstruktivismus-siebert.htm> (24.01.2011).
- SIEBERT, H. (2005<sup>3</sup>): Pädagogischer Konstruktivismus. Lernzentrierte Pädagogik in Schule und Erwachsenenbildung. Weinheim. Basel.
- SMITH, C./ CAREY, S./ WISER, M. (1985): On differentiation: A case study of development of the concepts of size, weight, and density. In: Cognition 21, 177-237.
- SMITH, C./ SNIR, J./ GROSSLIGHT, L. (1992): Using Conceptual Models to Facilitate Conceptual Change: The Case of Weight-Density differentiation. In: Cognition and Instruction 9(3), 221-283.
- SODIAN, B. (2002<sup>5</sup>): Entwicklung begrifflichen Wissens. In: Oerter, R./ Montada, L. (Hg.): Entwicklungspsychologie. Weinheim, Basel, Berlin, 443-468.
- STANGL, W.: Die konstruktivistischen Lerntheorien. <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/LERNEN/LerntheorienKonstruktive.shtml> (23.01.2011)
- STEINBRING, H. (1993): „Kann man auch ein Meter mit Komma schreiben?“ - Konkrete Erfahrungen und theoretisches Denken im Mathematikunterricht der Grundschule. In: mathematica didactica, 16 (2), 30-55.

STERN, E./ MÖLLER, K. (2004): Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichts. In: Lenzen, D./ Baumert, J./ Watermann, R./ Trautwein, U. (Hg.): PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung. Wiesbaden, 25-36.

STERN, E. (2006): Lernen. Was wissen wir über erfolgreiches Lernen in der Schule? In: Pädagogik 58 (1), 45-49.

STREHL, R. (1979): Grundprobleme des Sachrechnens. Freiburg/ Breisgau.

VOIGT, J. (1996): Empirische Unterrichtsforschung in der Mathematikdidaktik. In: Kadunz, G./ Kautschitsch, H./ Ossimik, G./ Schneider, E. (Hg.): Trends und Perspektiven. Schriftenreihe der Mathematik, Band 23, Trends und Perspektiven. Wien, 383-398.

VOGEL, R./ HUTH, M. (2010): „.... und der Elefant in die Mitte“ – Rekonstruktion mathematischer Konzepte von Kindern in Gesprächssituationen. In: Brandt, B./ Fetzer, M./ Schütte, M. (Hg.): Auf den Spuren Interpretativer Unterrichtsforschung in der Mathematikdidaktik. Götz Krummheuer zum 60. Geburtstag. Empirische Studien zur Didaktik der Mathematik, Band 5. Münster.

VOGT, K./ HECHENLEITNER, A. (2007): Theorien des Lernens – Folgerungen für das Lernen. Herausgegeben von: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München.  
<http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=19876322d29aebef6319760f357c65e4> (24.01.2011)

VOSS, R. (Hg.) (2005): Unterricht aus konstruktivistischer Sicht. Die Welten in den Köpfen der Kinder. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. Weinheim, Basel.

WAGENSCHNEIDER, M. (1997<sup>11</sup>): Verstehen lehren. Genetisch – Sokratisch – Exemplarisch. Weinheim, Basel.

WAGENSCHNEIDER, M. (1997<sup>2</sup>): Kinder auf dem Wege zur Physik. Weinheim, Basel.

WATZLAWICK, P. (Hg.) (1985): Die erfundene Wirklichkeit. Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben? Beiträge zum Konstruktivismus. München.

WIENEKE, R. (1992): Wie schwer ist die Melone? Erfahrungen mit Gramm und Kilogramm als Wochenplanarbeit im dritten Schuljahr. In: Grundschule, Heft 11, 15-17.

WILD, K.-P. (1996): Die Beziehung zwischen Lernmotivation und Lernstrategien als Funktion personaler und situativer Faktoren. In: Duit, R./ Rhöneck, Chr. von (Hg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel, 69-87.

WINTER, H. (1992): Sachrechnen in der Grundschule: Problematik des Sachrechnens. Funktionen des Sachrechnens. Unterrichtsprojekte. Frankfurt/ Main.

WITTMANN, E. CH. (1975): Grundfragen des Mathematikunterrichts. Braunschweig.

WITTMANN, E. CH. (1995): Aktiv-entdeckendes und soziales Lernen im Rechenunterricht – vom Kind und vom Fach aus. In: Müller, G. N./ Wittmann, E. Ch. (Hg.): Mit Kindern rechnen. Frankfurt/ Main, 10-41.

WODZINSKI, R. (2004): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: Müller R./ Wodzinski, R./ Hopf, M (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Köln, 23-38.

ZIETZ, K. (1936): Die Physik des Kindes. In: Die deutsche Schule 40, 263-269.

### **Schulbücher**

Das Zahlenbuch 3 (2005). Wittmann, E. Ch./ Müller, G. N. (Hg.). Klett, Leipzig.

Denken und Rechnen 3 (2002): Eidt, H./ Lammel, R./ Voß, E./ Wichmann, M. Westermann, Braunschweig.

Leonardo Mathematik 3. Schuljahr (2001). Mosel-Göbel, D./ Stein, M. (Hg.). Diesterweg, Frankfurt/ Main.

Welt der Zahl 3. Mathematisches Unterrichtswerk für die Grundschule (2004). Rinkens, H.-D./ Hönisch, K. (Hg.). Schroedel, Braunschweig.

Welt der Zahl 3. Schuljahr (1999). Rinkens, H.-D./ Hönisch, K. (Hg.). Schroedel, Hannover.

Zahlenreise 3. Mathematikbuch für die 3. Klasse (2000). Beck, U. (Hg.). Volk und Wissen, Berlin.

Zahlenzauber 3. Mathematikbuch für die Grundschule (2005). Gierlinger, W. (Hg.). Oldenbourg, München/ Düsseldorf/ Stuttgart.



# Anhang A

## 1 Transkriptionsregeln

I Interviewer  
A Anfangsbuchstabe des jeweiligen Namen des interviewten Kindes (z.B. Annegret)

(.) kurzes Absetzen, max. 1 Sekunde  
(..) kurze Pause, max. 2 Sekunden  
(...) mittlere Pause, max. 3 Sekunden  
(4sec) längere Pause, Pausenlänge wird in Sekunden angegeben  
schwerer deutlich betont  
*g e d e h n t* gedehnt gesprochen  
??? unverständliche Äußerung  
[größtes Geschenk] erläuternde Ergänzung durch Transkriptor

I: *Oder ungefähr hundert Gramm? Was <denkst du, was richtig ist?>*

A: *<Achtzig. Ungefähr achtzig> Gramm.*

Die mit <...> markierten Abschnitte kennzeichnen gleichzeitiges Sprechen.

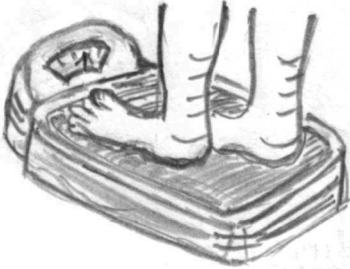
*mhm* zustimmend, es sei denn, es ist anders markiert

*mhm* (verneinend)

## 2 Schriftlicher Test Anja

**Gewichts-Knobelheft**



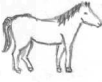





**Name:** \_\_\_\_\_ (Name entfernt)



Weißt du, wie schwer du bist? 33 kg

Seite 1

**Was ist schwerer? Kreuze an!**

<p><b>1</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><input checked="" type="checkbox"/><input type="checkbox"/></div>	<p><b>3</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><input type="checkbox"/><input checked="" type="checkbox"/></div>
<p><b>2</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><input type="checkbox"/><input checked="" type="checkbox"/></div>	<p><b>4</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><input checked="" type="checkbox"/><input type="checkbox"/></div>

Seiten 2 und 3



Wie schwer sind die Sachen? Schätze das Gewicht und schreibe es auf!

1



Ranzen

10,0 kg

2



Apfel

50 g

3



Elefant

100 Tonnen

4



Tischtennisball

5 g

5



Flasche Milch

20 g

6



Fahrrad

3 kg

Seiten 4 und 5

Ordne die Sachen nach ihrem Gewicht! Beginne beim leichtesten mit der Zahl 1!

1



2



1



3

3



2



4



1



3

2



2



3



1

4



1



5



3

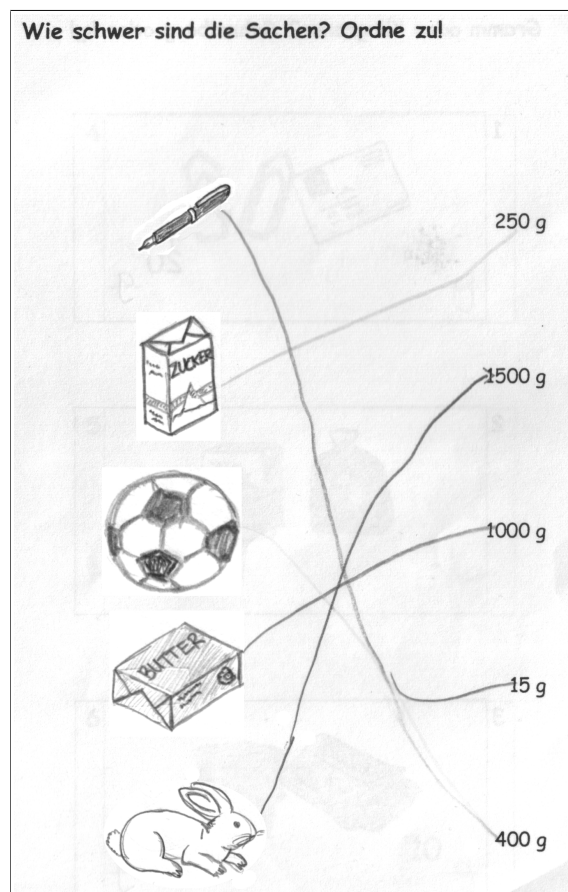


4



2

Seiten 6 und 7



Gramm oder Kilogramm? Schreibe g oder kg!

1



20 g

4



1 g

2



25 kg

5



1 kg

3



100 g

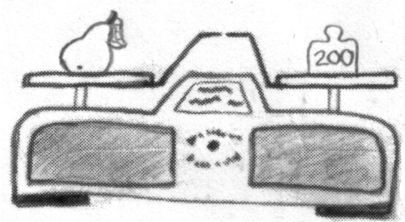
6



10 g

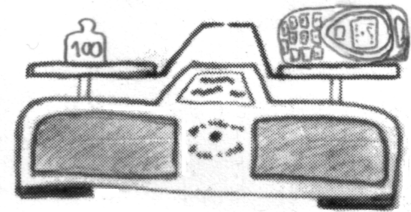
Wie viel wiegen die Sachen? Schreibe auf!

1



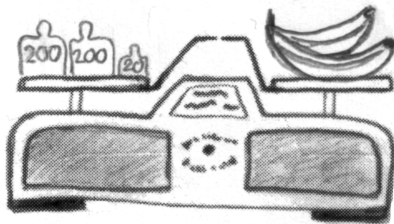
200g

2



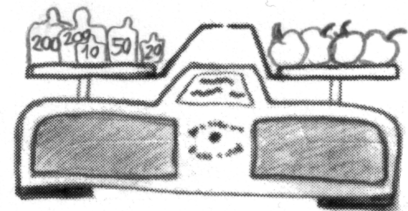
100g

3



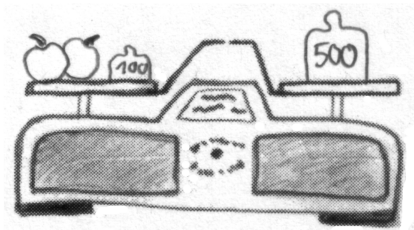
420g

4



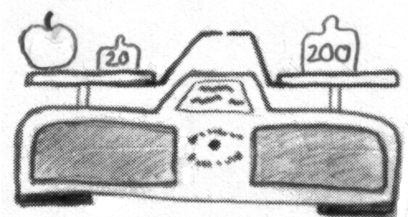
480g

5



400g

6

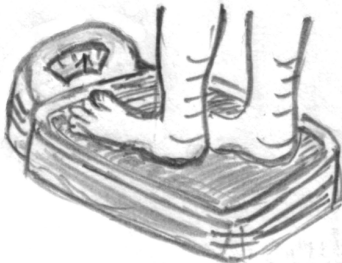


180g

### 3 Schriftlicher Test Manuel

**Gewichts-Knobelheft**









Name: \_\_\_\_\_ (Name entfernen)



Weißt du, wie schwer du bist? 33,5







Seite 1

Was ist schwerer? Kreuze an!

<p>1</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><input checked="" type="checkbox"/><input type="checkbox"/></div>	<p>3</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><input type="checkbox"/><input checked="" type="checkbox"/></div>
<p>2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><input type="checkbox"/><input checked="" type="checkbox"/></div>	<p>4</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><input checked="" type="checkbox"/><input type="checkbox"/></div>
















Seiten 2 und 3

Wie schwer sind die Sachen? Schätze das Gewicht und schreibe es auf!

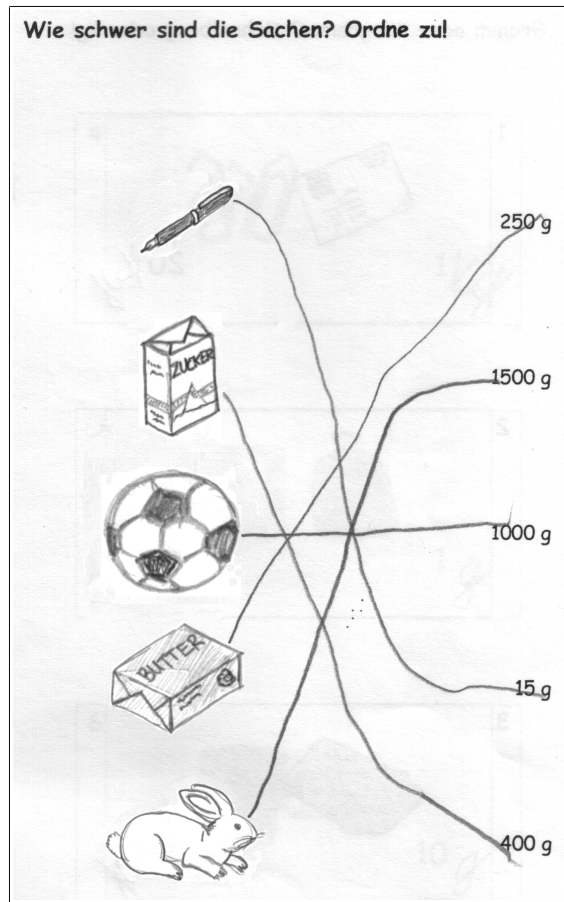
1		5,5
	Ranzen	
2		
	Apfel	
3		100g
	Elefant	
4		1,2
	Tischtennisball	
5		1
	Flasche Milch	
6		3,4
	Fahrrad	

Seiten 4 und 5

Ordne die Sachen nach ihrem Gewicht! Beginne beim leichtesten mit der Zahl 1!

1	  	2      7      3
2	  	2      3      7
3	   	2      1      7      9
4	    	7      2      4      8      2

Seiten 6 und 7



Gramm oder Kilogramm? Schreibe g oder kg!

1



20 kg

2



25 g

3



100 g

4



1 kg

5



1 g

6



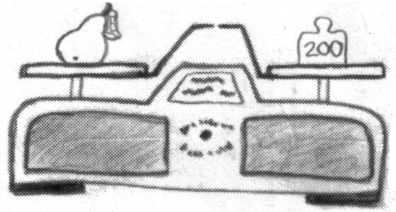
10 g

Seiten 10 und 11



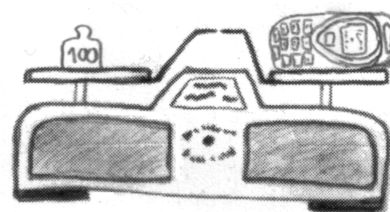
Wie viel wiegen die Sachen? Schreibe auf!

1



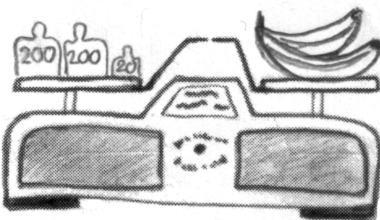
200 kg

2



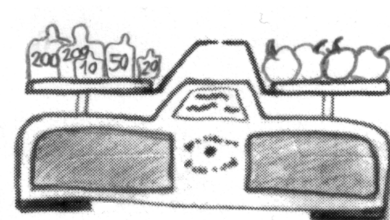
100 kg

3



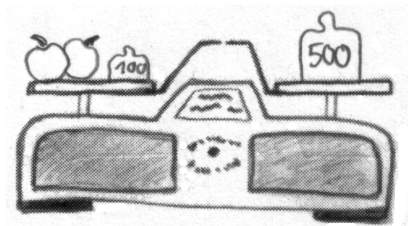
4020 g

4



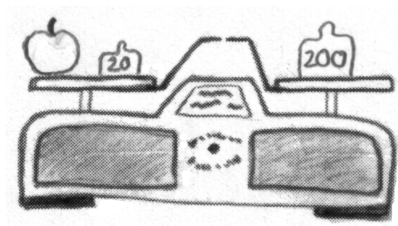
5070 g

5



600 kg

6



2020 kg

## 4 Interviewverlaufsplan mit Auswertungskategorien („Episodenplan“)

<b>Aufgabe 1.1a: Gewichtsvergleich: zwei verpackte Gegenstände</b>	
Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich große Gegenstände <sup>78</sup> : I: <i>Welche(s/r) Paket/Dose/Umzugskarton ist schwerer?</i>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Wissen:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte:</b>	<i>Gewichtsvergleich</i>

<b>Aufgabe 1.1b (nur 2. und 3. Interview): Gewichtsvergleich: fünf verpackte Gegenstände</b>	
Vor dem Kind liegen fünf verschiedene Geschenke, die in Größe und Gewicht variieren. I: <i>Welches Geschenk ist am schwersten?</i>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Strategie:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich</i>

<b>Aufgabe 1.2: Gewichtsvergleich: zwei Alltagsgegenstände</b>	
Vor dem Kind liegen zwei unterschiedlich schwere Gegenstände <sup>79</sup> , der Gewichtsunterschied ist bei einem manuellen Vergleich nicht sicher wahrnehmbar. I.: <i>Was ist schwerer?</i>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Wissen:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich; Transitivität; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen; Wiegen</i>

78 1. Interview: großes leichtes Paket – kleines schweres Paket; 2. Interview: große schwere Dose – kleine leichte Dose, 3. Interview: großer leichter Umzugskarton – kleiner schwerer Umzugskarton

79 1. Interview: Packung Taschentücher – Audiokassette; 2. Interview: Packung Servietten – Packung Pralinen; 3. Interview: Packung Servietten – CD-Hülle mit CD

<b>Aufgabe 1.3 (nur 2. und 3. Interview): Gewichtsvergleich: zwei Materialien mit unterschiedlicher Dichte</b>	
<p>Vor dem Kind liegen 5 (3. Interview: 6) unterschiedlich große Papp-Platten sowie eine Stahl- (3. Interview: Moosgummi-)Platte.</p> <p>I: <i>Welche Papp-Platte ist genauso schwer wie diese Stahlplatte/ Moosgummiplatte?</i></p>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Wissen:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich</i>

<b>Aufgabe 1.4: Gewichtsvergleich: eine gleich schwere Kugel formen</b>	
<p>Vor dem Kind liegen eine Knetkugel (bzw. eine Knetrolle) sowie Knetmasse. Im dritten Interview wird die Knetkugel durch eine Plastikkugel ersetzt.</p> <p>I: <i>Forme eine Kugel (bzw. Rolle), die genauso <u>schwer</u> ist wie diese Kugel (bzw. Rolle)</i></p>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Strategie:</b> <b>Wissen:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen; Wiegen</i>

<b>Aufgabe 1.5: Gewichtsvergleich: Invarianz</b>	
<p>Vor dem Kind liegen die beiden gleich schweren Kugeln (Rollen) aus der vorangegangenen Aufgabe (1.4). Der Interviewer verformt vor den Augen des Kindes die 'Kinderkugel' zu einer flachen Platte (bzw. die 'Kinderrolle' zu einer Kugel).</p> <p>I: <i>Was ist schwerer: die Kugel bzw. Rolle oder die Platte bzw. Kugel?</i></p> <p>Anschließend wird die vorab entstandene flache Platte (bzw. Kugel) durch den Interviewer in kleine Einzelteile zerlegt.</p> <p>I: <i>Was ist schwerer: die Kugel oder die Einzelteile alle zusammen?</i></p>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Wissen:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich; Invarianz</i>

<b>Aufgabe 1.6a: Transitivität</b>	
<p>Vor dem Kind stehen drei unterschiedlich schwere, im ersten Interview auch unterschiedlich große, im zweiten und dritten Interview gleich große Gegenstände<sup>80</sup>. Der Interviewer schiebt die zwei schwereren Gegenstände direkt vor das Kind.</p> <p>I: <i>Was ist schwerer?</i></p> <p>Nachdem das Kind eine Entscheidung getroffen hat, erhält das Kind die Aufforderung, den leichteren Gegenstand mit dem dritten (noch leichteren) zu vergleichen.</p> <p>I: <i>Welcher ist von diesen beiden schwerer?</i></p> <p>Abschließend stehen alle drei Gegenstände vor dem Kind.</p> <p>I: <i>Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht.</i></p>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Strategie:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich sowie Transitivität</i>

<b>Aufgabe 1.6b (nur 2. und 3. Interview): Transitivität, Alltagsgegenstände</b>	
<p>Vor dem Kind liegen eine CD-Hülle, eine Schere und ein Esslöffel.</p> <p>I: <i>Sortiere diese drei Gegenstände nach ihrem Gewicht!</i></p>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Strategie:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich sowie Transitivität</i>

<b>Aufgabe 2.1: Schätzen</b>	
<p>Vor dem Kind liegen leere transparente Tüten sowie eine Schüssel mit Sand und ein Esslöffel.</p> <p>I: <i>Fülle in diese Tüte 1kg Sand, in eine andere Tüte 500g Sand (nur 2. und 3. Interview) und in eine weitere Tüte 1g Sand.</i></p> <p>Zusätzlich wird das Kind gefragt:</p> <p>I: <i>Kennst du etwas, das ein Kilogramm wiegt? Kennst du den Unterschied zwischen einem Gramm und einem Kilogramm?</i></p>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Strategie:</b> <b>Wissen:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich; Zahlvorstellungen; Einheiten; Stützpunktwissen; Stützpunktvorstellungen; Schätzen</i>

<sup>80</sup> 1. Interview: drei Klebstoff-Flaschen; 2. Interview: drei Filmdosen mit unterschiedlichen Deckeln; 3. Interview: drei verschiedenfarbige Streichholzschachteln

<b>Aufgabe 2.2: Waagen und Wiegen</b>	
<p>Vor dem Kind stehen eine Tafelwaage, eine analoge Personenwaage, eine (2. Interview: zwei) analoge Küchenwaage(n), eine digitale Küchenwaage sowie eine Briefwaage.</p> <p>I: <i>Welche von diesen Waagen kennst du? Weißt du, wie die Waagen heißen?</i></p> <p>Der Interviewer zeigt einzeln auf die Waagen.</p> <p>I: <i>Wo(für) verwendet man diese Waage? Wiege mit dieser Waage diesen Gegenstand [Klebstoff-Flasche/Fruchtschnitte/Marsriegel] aus!</i></p>	
<b>Wissen:</b> <b>Vorstellung:</b> <b>Vorgehen:</b> <b>Strategie:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich; Zahlvorstellungen; Einheiten; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen; Wiegen</i>

<b>Aufgabe 2.3: Schätzen und Wiegen</b>	
<p>Vor das Kind werden nacheinander unterschiedliche Gegenstände<sup>81</sup> gelegt, bei denen es das Gewicht sowohl schätzen als auch anschließend auswiegen soll.</p> <p>I: <i>Schätze, wie schwer ... ist! und Wiege aus, wie schwer ... ist!</i></p> <p>Abschließend liegen alle bereits ausgewogenen Gegenstände sowie einige weitere Gegenstände vor dem Kind.</p> <p>I: <i>Suche einen Gegenstand heraus, der ungefähr 100g wiegt!</i></p>	
<b>Vorgehen:</b> <b>Strategie:</b> <b>Wissen:</b> <b>Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtsvergleich; Zahlvorstellungen; Einheiten; Stützpunktwissen; Stützpunktvorstellungen; Schätzen; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen; Wiegen</i>

81 1. Interview: Tischtennisball, Packung Milch, drei Klebstoff-Flaschen, Schokolade, Sack Kartoffeln (2,5kg), Packung Taschentücher, Packung Nudeln, Apfel; 2. Interview: Schraube, Packung Mehl, Packung Reis, Handy, CD, Birne, Banane, Fußball, Packung Toastbrot, Zahnbürste, Tüte Weingummi, Beutel Äpfel (2kg), Spiel; 3. Interview: Birne, Zahnbürste, Tischtennisball, Paket Zucker, Paket Nudeln, Packung Toast, Weingummi, Apfel, Sonnenmilchtube, Mars, Taschentücher, Kartenspiel, Milch, Schokolade

<b>Aufgabe 2.4: Umgang mit Gewichten in einer Alltagssituation;  1. und 3. Interview: Zutaten für ein Rezept abwiegen;  2. Interview: Päckchen mit vorgegebenem Gewicht packen.</b>	
<p>Vor dem Kind liegen die für die Situation relevanten Materialien<sup>82</sup>.  1. und 3. Interview: Nachdem das Kind das Rezept gelesen und als solches erkannt hat, wird es dazu aufgefordert, die entsprechenden Zutaten mit Hilfe einer von ihm frei wählbaren Waage abzuwiegen.  2. Interview: Das Kind soll aus den vorgegebenen Gegenstände einige auswählen und damit ein Päckchen packen, das allerdings nicht schwerer als ein Kilogramm werden darf. Als Kontrollmittel darf es sich eine Waage seiner Wahl aussuchen.</p>	
<b>Vorgehen:  Strategie:  Wissen:  Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtvergleich; Stützpunktwissen; Stützpunktvorstellungen;  Schätzen; Wiegen als Vergleichsvorgang; Waagen; Wiegen; Fähigkeit</i>

<b>Aufgabe 2.5: Gewichtvergleich, zwei Materialien mit unterschiedlicher Dichte</b>	
<p>Vor dem Kind liegen Materialien mit offensichtlich unterschiedlicher Dichte. Das eine Material ist bereits in einer gewissen Menge abgefüllt, von dem anderen Material steht eine große Menge zur Verfügung<sup>83</sup>. Das Kind ist aufgefordert, von dem zweiten Material so viel abzufüllen, dass die beiden Materialmengen gleich schwer sind.  I: <i>Fülle genauso viel Sand/Zucker/Reis in den Becher/die Tüte ab, dass die beiden Becher/Tüten gleich schwer sind.</i></p>	
<b>Vorgehen:  Strategie  Wissen:  Vorstellung:</b>	
<b>Konzepte</b>	<i>Gewichtvergleich</i>

82 1. Interview: Plätzchenrezept, Mehl, Zucker, Schüssel, Waage; 2. Interview: 2 verschiedene Postkartons, Taschenlampe, Zeitschrift, 2 Bücher, Schokoriegel, 2 Spiele, Packung Salzstangen, Tüte Gummibärchen, Tube Sonnenmilch, Waagen; 3. Interview: Erdbeerkuchenrezept, Schüssel, Löffel, Mehl, Zucker, Mandeln, Waagen

83 1. Interview: Tüte mit Nudeln, Sand, leere Tüte; 2. Interview: Becher mit Cornflakes, Zucker, leerer Becher; 3. Interview: Tüte mit Nudeln, Reis, leere Tüte

## Anhang B

## Zusammenfassung der Dissertation

### ***Kindliche Konzepte zur Größe Gewicht und ihre Entwicklung. Theoretische Modellierung und zwei Einzelfallstudien mit Drittklässlern***

Ziel der Arbeit ist, die Konzepte von Drittklässlern zur Größe Gewicht zu beschreiben. Es handelt sich um eine hypothesengenerierende Arbeit auf Basis einer qualitativen Studie. Es wird eine detaillierte und differenzierte Beschreibung kindlicher Konzepte vorgestellt. Dabei soll geklärt werden, welche Konzepte überhaupt auftreten, welchen Einfluss Unterricht auf diese Konzepte haben kann und welche Anhaltspunkte sich finden, Unterricht an die Vorkenntnisse der Kinder anknüpfen lassen zu können.

Dafür wird zunächst die wissenschaftliche Grundlage gelegt. Es werden zwei Theorien vorgestellt, in deren Rahmen sich kindliche Konzepte sowie deren Entwicklung beschreiben lassen: die Theorie des Konzeptwechsels (vgl. DUIT 1999/ MÖLLER 1999) und die Theorie der Subjektiven Erfahrungsbereiche (BAUERSFELD 1983). Weiterhin werden die mathematisch-physikalischen Hintergründe zur Größe Gewicht erläutert sowie die Ergebnisse bereits vorliegender Untersuchungen vorgestellt.

Auf dieser Grundlage kann ein Modell eines Gewichtskonzepts erstellt werden. Dazu werden beteiligte Aspekte in Teilkonzepten eingeordnet, die wiederum in Bereichen zusammengefasst werden können. Vor diesem Hintergrund wurde eine empirische Studie konzipiert, die das Ziel hat, mit Hilfe von Einzelinterviews die Konzepte von Drittklässlern unmittelbar vor und unmittelbar nach der unterrichtlichen Behandlung sowie nach weiteren vier Monate zu untersuchen. Die dafür eingesetzten Aufgaben sind auf der Grundlage der beschriebenen Teilkonzepte entwickelt. An der Studie nahmen 15 Kinder teil.

Für die Auswertung werden zwei Kinder ausgewählt, deren Konzepte zur Größe Gewicht in Form von Einzelfallstudien analysiert werden. Die Konzeptbeschreibungen der Einzelfallanalysen werden durch ausgewählte Konzepte anderer Kinder ergänzt, um aus Gemeinsamkeiten und Unterschieden auf allgemeine Entwicklungen einerseits und Anhaltspunkte für den Unterricht andererseits schlussfolgern zu können.

Sowohl in den beiden Einzelfallstudien als auch in den ergänzenden Analysen zeigen sich sehr unterschiedlich differenzierte Konzepte zur Größe Gewicht. Bereits zum Zeitpunkt des ersten Interviews gibt es Kinder, die über ein weit ausgebautes Konzept aufgrund vielseitiger Vorerfahrungen verfügen. Bei diesen Kindern ist in den Folgeinterviews fast keine Entwicklung der Konzepte feststellbar. Die weniger ausgebauten Konzepte anderer Kinder zeigen insbesondere bezüglich der Teilkonzepte *Einheiten*, *Stützpunktwissen*, *Waagen* sowie *Wiegen* Entwicklung auf. Dabei sind direkt nach der unterrichtlichen Behandlung sowohl Konzepterweiterungen als auch -neubildungen feststellbar. Zum Zeitpunkt des dritten Interviews sind diese Umstrukturierungen bei einigen Kindern stabilisiert oder sogar weitergeführt. Bei anderen ist eine Erweiterung oder Neubildung wieder in den Hintergrund gerückt, und es erfolgt ein vermehrter Rückgriff auf vorherige Konzepte.

Für die Teilkonzepte *Invarianz* und *Gewichtsvergleich* wird die mögliche Entwicklung in Form zweier grafischer Modelle aufgezeigt. Auf der Grundlage der Ergebnisse wird das vorab entwickelte Modell eines Gewichtskonzept reflektiert und die Beziehung der Teilkonzepte und Inhaltsbereiche zueinander veranschaulicht.



## **Zusammenfassung (englisch)**

### ***Children's concepts of the quantity weight and their development – A theoretical model and two single case studies with third graders***

This thesis aims at describing German third grade pupils' concepts concerning the physical quantity weight. It is a hypothesis-generating thesis based on a qualitative study. We present a detailed and differentiated description of children's concepts of weight. We aim at clarifying those concepts that can be identified, what kind of influence school instruction can have on these concepts and the implications for an instruction that wants to respect children's previous experiences.

In order to lay the scientific foundation, we present two theories that enable us to describe children's concepts and how these concepts develop: the theory of conceptual change (cf. DUIT 1999/ MÖLLER 1999) and the theory of subjective domains of experiences (BAUERSFELD 1983). We will furthermore explain the mathematical and physical background of the quantity weight and present the results of previous studies.

Based on this foundation, we will develop a model of a weight concept by organizing related aspects into subconcepts that can be grouped into domains. We will design an empirical study with the purpose of examining third graders' weight concepts immediately before and immediately after a teaching unit on weights as well as four months later. The tasks that were applied in this study have been developed on the basis of this model of weight (sub-)concepts. For the study, 15 children were interviewed.

The interviews of two children are evaluated in form of two single case studies. The analysed concepts of these two children are completed with selected concepts of other children to find commonalities and differences, allowing us to draw conclusions on both general concept evolution and instructional issues.

The interview analyses show varied differentiated weight concepts. In the first interview some of the children already showed highly developed subconcepts based on all-round individual experience. In the later interviews hardly any change of the children's concepts were assessed. Other children showed less sophisticated subconcepts which evolved over time, especially concerning the concepts *units*, *base knowledge*, *scales*, and *weighing*. Immediately after the instruction unit we were able to find both new and evolved concepts. Four months later, some children's concepts had stabilised while other children had returned to pre-instructional concepts.

Finally, we will present models of possible concept development concerning the two subconcepts *weight comparison* and *invariance* in form of two graphical models. Based on the overall results of the study, we revisit the initially established weight concept model and illustrate the relation of the subconcepts and their domains.

### **Erklärung**

Ich versichere, dass ich, Dinah Reuter, in der Dissertation alle benutzten Hilfsmittel und Hilfen angegeben habe und die Dissertation von mir selbständig verfasst worden ist.